

**Titre:** Modélisation âge-période-cohorte-caractéristiques de la demande  
Title: de transport

**Auteur:** Catherine Plouffe  
Author:

**Date:** 2014

**Type:** Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

**Référence:** Plouffe, C. (2014). Modélisation âge-période-cohorte-caractéristiques de la  
Citation: demande de transport [Mémoire de maîtrise, École Polytechnique de Montréal].  
PolyPublie. <https://publications.polymtl.ca/1527/>

 **Document en libre accès dans PolyPublie**  
Open Access document in PolyPublie

**URL de PolyPublie:** <https://publications.polymtl.ca/1527/>  
PolyPublie URL:

**Directeurs de  
recherche:** Catherine Morency  
Advisors:

**Programme:** Génie civil  
Program:

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

MODÉLISATION ÂGE-PÉRIODE-COHORTE-CARACTÉRISTIQUES  
DE LA DEMANDE DE TRANSPORT

CATHERINE PLOUFFE  
DÉPARTEMENT DES GÉNIES CIVIL, GÉOLOGIQUE ET DES MINES  
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION  
DU DIPLÔME DE MAÎTRISE ÈS SCIENCES APPLIQUÉES  
(GÉNIE CIVIL)  
AOÛT 2014

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire intitulé:

MODÉLISATION ÂGE-PÉRIODE-COHORTE-CARACTÉRISTIQUES  
DE LA DEMANDE DE TRANSPORT

présenté par : PLOUFFE Catherine

en vue de l'obtention du diplôme de : Maîtrise ès sciences appliquées

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

M. TRÉPANIÉ Martin, Ph.D., président

Mme MORENCY Catherine, Ph.D., membre et directrice de recherche

M. TIOMO DEMANOU Dieunedort, M.Sc., membre

## REMERCIEMENTS

Je souhaite en premier lieu remercier ma directrice de recherche, Mme Catherine Morency, pour son soutien, autant technique, moral que financier prodigué tout au long du projet de recherche. Son énergie et ses idées novatrices ont fortement contribué à ma motivation. Je la remercie en particulier pour son ouverture et sa compréhension face aux conditions particulières qui se sont présentées en cours de route.

Je tiens également remercier mes collègues de la Chaire Mobilité, qui ont partagé mon quotidien et qui ont partagé bonne humeur, encouragements et connaissances, notamment Louiselle Sioui, Hubert Verreau, Christine Théberge-Barette, Pierre-Léo Bourbonnais et Pegah Nouri.

Il est à souligner que la complétion de ce projet n'aurait été possible sans l'implication des membres de ma famille, qui a grandement facilité l'intégration de mon nouveau rôle de mère à mon statut d'étudiante. Je remercie particulièrement Denise et René Laviolette, Marie-Claude Després, Philippe Plouffe, et mon conjoint, Maxime Paquet.

## RÉSUMÉ

La demande de transport dans la grande région de Montréal est exposée à une évolution à la fois sur le plan démographique que sur le plan géographique. La structure de la population se transforme sous l'effet du vieillissement et on observe des changements dans la distribution de l'offre de transport, des ménages et des activités sur le territoire. Dans ce contexte, il peut être difficile de discerner quels comportements sont susceptibles de se maintenir tout au long de la vie, de se reproduire chez les générations subséquentes, ou lesquels risquent de se modifier, abruptement ou tranquillement.

Il est essentiel pour l'acuité des prévisions de la demande de transport d'être en mesure de se prononcer sur le maintien ou la transformation des comportements de mobilité. L'objectif de ce projet est donc centré sur l'identification de tendances. La reconnaissance de tendances lourdes, émergentes ou même déclinantes, tout en départageant ces tendances de l'adaptation momentanée à un événement d'une durée limitée, faciliterait évidemment l'établissement de scénarios tendanciels et d'hypothèses solides pour les modèles de prévision de la demande de transport.

Le contexte montréalais est particulièrement favorable à la mise en pratique de techniques démographiques en raison de la richesse des bases de données et des approches de prévision actuellement utilisées. Les enquêtes Origine-Destination fournissent en effet un ensemble de données important et de qualité, ce qui rend possible la construction de cohortes synthétiques nécessaires à l'application de méthodes démographiques.

Les techniques d'analyse descriptives démographiques ont permis d'étudier la mobilité en isolant les individus selon leurs caractéristiques personnelles, de ménages et de voisinage. Six indicateurs de mobilité ont été retenus. Les indicateurs plus classiques, tels que le taux de mobilité, le nombre de chaînes de déplacements quotidiennes et la proportion de non-mobiles sont intéressants puisqu'ils fournissent l'occasion de tester les techniques sur des indicateurs utilisés fréquemment et de vérifier comment ces techniques facilitent l'identification de tendances lourdes relevées par la littérature. Les trois autres indicateurs sont la proportion d'*auto-suffisants*, la part modale du transport en commun (TC) sur les déplacements effectués pour le *travail*, et la part modale auto (conducteur et passager) des déplacements effectués pour les *études*. Le choix de ces indicateurs s'explique par le potentiel qu'ils ont d'être affectés par une tendance

émergente; la pertinence de la modélisation Âge-Période-Cohorte est ainsi plus clairement révélée.

Le Tableau 1 rapporte les principales relations constatées lors de l'analyse descriptive.

Tableau 1. Relations entre les variables indépendantes et les variables dépendantes observées grâce à l'analyse descriptive démographique

Variables		Effets sur les indicateurs				
		Proportion de non-mobiles	Taux de mobilité	Proportion d' <i>auto-suffisants</i>	Part modale auto des déplacements <i>études</i>	Part modale TC des déplacements <i>travail</i>
sexe	homme				+	
	femme	+	-			+
motorisation	<i>sans-auto</i>	+	-		-	+
	<i>auto-négociée</i>		-		+	+
	<i>auto-suffisant</i>	-	+		+	-
taille	1 pers./logis	-	+	+	-	+
	2 pers./logis				-	
	3 pers./logis	+		-	+	-
	4 pers. et +/logis	varie	varie	-	+	-
présence d'enfants	sans enfants				-	+
	min. 1 enfant 0-5 ans	+	varie	varie	+	
	min. 1 enfant 5-10 ans		varie	varie	+	
	min. 1 enfant 10-15 ans		varie	varie	+	
	min. 1 enfant niveau primaire		varie	varie	+	
	min. 1 enfant niveau secondaire		varie	varie	+	
région de résidence	Montréalais			-	-	+
	Lavallois	+		+	+	-
	Nord-Riverain	+	-	+	+	-
	Sud-Riverain			+	+	-
offre de transport	sans offre	+	-	+	+	-
	bénéficiaires			-		
	métro < 1km			-	-	+
	gare < 5km			-	-	+

En plus d'orienter le choix des variables explicatives à intégrer dans les modèles en supplément des variables démographiques, l'analyse descriptive démographique aura contribué à l'étude de certains comportements au sein de populations spécifiques grâce aux segmentations pratiquées et aura permis une interprétation plus juste des effets bruts estimés lors du processus de modélisation.

La pertinence de la modélisation Âge-Période-Cohorte pour l'identification des tendances lourdes et émergentes a été démontrée puisque certaines tendances documentées dans la littérature ont été facilement détectées. Ainsi, la tendance lourde de motorisation croissante est identifiée grâce aux effets de période estimés par le modèle de la probabilité d'être *auto-suffisant*. Le phénomène émergent entourant la pratique des parents à reconduire leurs enfants à l'école a également été repéré, cette fois grâce aux coefficients des cohortes estimés par le modèle de la probabilité qu'un déplacement *études* soit effectué en auto. Enfin, le regain d'intérêt pour le transport en commun formulé dans la littérature serait plus particulièrement observable chez les cohortes les plus récentes (1978 à 1998) selon les coefficients estimés par le modèle de la probabilité qu'un déplacement *travail* soit effectué en TC. La modélisation Âge-Période-Cohorte a également permis de remarquer un point d'inflexion pour la période 1998, récurrent dans la plupart des modèles (taux de mobilité, nombre moyen de chaînes de déplacements quotidiennes, probabilité qu'un déplacement *études* soit effectué en auto et probabilité qu'un déplacement *travail* soit effectué en TC), ce qui permet d'affirmer que la modélisation Âge-Période-Cohorte permet de plus facilement départager les tendances de l'adaptation momentanée à un événement d'une durée limitée.

Les recommandations formulées à la fin de ce projet indiquent que les méthodes de modélisation démographiques démontrent un intérêt certain, mais que leur utilité réside surtout dans la vérification de tendances déjà proposées, et qu'elles pourraient être spécialement avantageuses pour l'identification de tendances dans des segments de population spécifiques.

## ABSTRACT

Travel demand in the Greater Montreal Area is subject to both demographic and geographic evolutions. The structure of the population is changing, namely as a result of the aging process, and we see changes in the distribution of transport supply as well as home and activity location across the region. In this context, it may be difficult to distinguish what behaviors are likely to persist throughout life and generations or change, abruptly or slowly.

It is important for the validity of the travel demand forecasting process to be able to recognize the steadiness or the transformation of behaviors. The objective of this research is focused on the identification of important trends. Recognition of long-term, new or even declining trends, as well as the capacity to discriminate between real trend and punctual adaptation to an event would obviously facilitate the establishment of strong trend scenarios and hypothesis for travel demand forecasting models.

The Montreal context is particularly favorable to the implementation of demographic techniques because of the richness of its databases as well as the current forecasting approaches used. Indeed, Origin-Destination surveys provide an important set of high quality data, which makes possible the construction of synthetic cohorts required for the application of demographic methods.

In this research, descriptive demographic techniques were used to study the mobility of individuals segmented according to their personal, household and neighborhood characteristics. Six mobility indicators were selected. More conventional indicators such as the average number of daily trip, the average number of daily trip chain and the proportion of non-mobiles are interesting as they provide the opportunity to test the demographic techniques on frequently used indicators in order to assess how these techniques facilitate identification of trends often mentioned in the literature. The other three indicators selected are the proportion of *car-sufficient*, the transit share for *work* trips, and the car share for *study* trips. The choice of these indicators is driven by the probability that they be affected by an emerging trend; the relevance of Age-Period-Cohort modeling would be more clearly assessed.

Tableau 2. summarizes the main relationships observed during the descriptive analysis.



Tableau 2. Relationships between explanatory variables and dependent variables observed during demographic descriptive analysis

Variables		Effects on dependent variables				
		Proportion of non-mobiles	Mobility rate	Proportion of car-sufficient	Car share of study trips	Transit share of work trips
gender	men				+	
	women	+	-			+
motorization	<i>without car</i>	+	-		-	+
	<i>car-negotiated</i>		-		+	+
	<i>car-sufficient</i>	-	+		+	-
Household size	1 pers./home	-	+	+	-	+
	2 pers./home				-	
	3 pers./home	+		-	+	-
	4 pers. +/home	varies	varies	-	+	-
Presence of kids	without kids				-	+
	min. 1 child 0-5 years	+	varies	varies	+	
	min. 1 child 5-10 years		varies	Varies	+	
	min. 1 child 10-15 years		Varies	Varies	+	
	min. 1 child primary school		Varies	Varies	+	
	min. 1 child high school		Varies	varies	+	
region of residence	Montreal			-	-	+
	Laval	+		+	+	-
	North shore	+	-	+	+	-
	South shore			+	+	-
transport supply	without supply	+	-	+	+	-
	With supply			-		
	subway <1 km			-	-	+
	Train station < 5km			-	-	+

Besides guiding the choice of explicative variables to be included in the models along with demographic variables, demographic descriptive analysis has contributed to the study of specific behaviors in distinctive population segments through population segmentation and allowed a more accurate interpretation of the effects estimated by the modeling process.

The relevance of Age-Period-Cohort modeling to identify new and heavy trends has been demonstrated since some trends documented in the literature were easily detected. Thus, the trend to a growing car ownership is identified due to period effects estimated by the model of the probability of being *car-sufficient*. The emerging phenomenon surrounding the habit of parents to drive their children to school has also been noticed, this time because of the coefficients

estimated for cohorts by the model of the probability that a study trip being made by car. Finally, the renewed interest in transit commented in the literature is observable in the most recent cohorts (1978-1998) using the coefficients estimated by the model of the probability that a work trip being made by transit. Age-Period-Cohort modeling had also helped to point out an inflection point for 1998, recurring in most models (mobility rate, average number of daily trips chains, probability that a study trip being made by car and probability that a work trip being made by transit), which confirm that Age-Period-Cohort modeling makes it easier to discriminate between real trend and punctual adaptation to an event.

Final recommendations of this project state that demographic modeling methods demonstrate some interest, but that their usefulness lies in the validation of trends often already identified and could be especially advantageous for identifying trends in specific segments of the population.

## TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS .....	III
RÉSUMÉ.....	IV
ABSTRACT .....	VII
TABLE DES MATIÈRES .....	X
LISTE DES TABLEAUX.....	XIV
LISTE DES FIGURES .....	XVI
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS .....	XXII
LISTE DES ANNEXES .....	XXIII
CHAPITRE 1 INTRODUCTION.....	1
1.1 Problématique de recherche .....	2
1.2 Objectifs de recherche .....	3
1.3 Structure du document .....	3
CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE .....	5
2.1 Évolution de la population .....	5
2.1.1 Structure démographique .....	5
2.1.2 Étalement urbain (évolution des localisations résidentielles) .....	7
2.1.3 Tendances comportementales .....	8
2.2 Évolution des infrastructures.....	12
2.2.1 Le métro .....	13
2.2.2 Le train .....	15
2.2.3 Autres infrastructures .....	16
2.3 Modélisation des comportements de mobilité.....	16
2.3.1 Modélisation agrégé : exemple du modèle classique à quatre étapes .....	17
2.3.2 Modélisation désagrégée .....	17
2.3.3 Modélisation Activity-Based.....	18
2.3.4 Méthodologie de prévision utilisée par le MTQ .....	19
2.4 Méthode démographique.....	21
2.4.1 Perspectives : longitudinale et transversale.....	21
2.4.2 Méthode d'analyse démographique .....	22

2.4.3	Méthode de modélisation .....	24
CHAPITRE 3 MÉTHODOLOGIE.....		27
3.1	Source de données .....	27
3.1.1	Les enquêtes Origine-Destination .....	27
3.1.2	L'échantillon utilisé.....	29
3.2	Les variables.....	31
3.2.1	Variables explicatives démographiques .....	32
3.2.2	Variables comportementales .....	36
3.2.3	Variables comportementales de courte durée.....	46
3.3	Modélisation.....	48
3.3.1	Manipulations pour le module de STATA .....	48
3.3.2	Modélisation de référence .....	50
3.3.3	Indicateurs statistiques .....	51
3.3.4	Amélioration du modèle.....	53
3.3.5	Visualisation des effets APC.....	53
3.3.6	Validation de la modélisation.....	54
CHAPITRE 4 ANALYSE DESCRIPTIVE.....		56
4.1	Description démographique de l'échantillon .....	56
4.1.1	Le nombre d'observations .....	56
4.1.2	La pondération selon les enquêtes.....	57
4.1.3	Comparaison de l'échantillon à la population de référence .....	59
4.2	Analyse descriptive des tendances sociodémographiques .....	60
4.2.1	Vieillesse de la population : considérations spatiales .....	60
4.2.2	Motorisation .....	62
4.3	Analyse descriptive de la mobilité .....	70
4.3.1	Proportion non-mobiles.....	71
4.3.2	Nombre moyen de déplacements quotidiens.....	77
4.3.3	Part modale auto des déplacements <i>études</i> .....	88
4.3.4	Part modale du transport en commun des déplacements <i>travail</i> .....	98
4.4	Discussion .....	104

CHAPITRE 5	MODÉLISATION.....	111
5.1	Description des variables .....	112
5.2	Analyse de la probabilité d’être non-mobile .....	116
5.2.1	Définition du modèle.....	117
5.2.2	Identifications des effets.....	121
5.2.3	Ajustement et répartition géographique des probabilités .....	122
5.3	Analyse de la probabilité d’être <i>auto-suffisant</i> .....	124
5.3.1	Définition du modèle.....	125
5.3.2	Identification des effets .....	128
5.3.3	Ajustement et répartition géographique des probabilités .....	130
5.4	Analyse du taux de mobilité.....	132
5.4.1	Définition du modèle.....	133
5.4.2	Identification des effets .....	137
5.4.3	Ajustement et répartition des erreurs .....	138
5.5	Analyse de la probabilité qu’un déplacement <i>études</i> soit réalisé en auto .....	141
5.5.1	Définition du modèle.....	142
5.5.2	Identification des effets .....	146
5.5.3	Ajustement et répartition géographique des probabilités .....	148
5.6	Analyse de la probabilité qu’un déplacement <i>travail</i> soit réalisé en TC .....	151
5.6.1	Définition du modèle.....	151
5.6.2	Identification des effets .....	155
5.6.3	Ajustement et analyse des erreurs .....	156
5.7	Analyse exploratoire : un modèle APC selon le genre.....	159
5.7.1	Performance du modèle : comparaisons.....	159
5.7.2	Identification des effets APC : comparaisons .....	160
5.7.3	Réflexion sur l’analyse exploratoire .....	161
5.8	Discussion .....	162
CHAPITRE 6	CONCLUSION .....	165
6.1	Contributions .....	166
6.2	Limites et perspectives .....	167

BIBLIOGRAPHIE .....	170
ANNEXES .....	176

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Relations entre les variables indépendantes et les variables dépendantes observées grâce à l'analyse descriptive démographique.....	v
Tableau 2. Relationships between explanatory variables and dependent variables observed during demographic descriptive analysis.....	viii
Tableau 3-1. Suivi des cohortes selon les groupes d'âge (5 ans) et les années d'enquête .....	35
Tableau 3-2. Suivi des cohortes selon le groupe d'âge (10 ans) et l'année d'enquête .....	36
Tableau 3-3. Classes de densité expérimentées par Pépin (2012).....	40
Tableau 3-4. Catégories de variables explicatives, variables et type de variables.....	45
Tableau 3-5. Extrait partiel des spécifications fournies par le modèle de la proportion de non-mobiles .....	51
Tableau 4-1. Synthèse des effets des variables sur les indicateurs de mobilité constatés dans le chapitre 4 .....	106
Tableau 5-1. Variables utilisées pour la modélisation de la probabilité d'être non-mobile, le nombre moyen de déplacement quotidien et la probabilité d'être <i>auto-suffisant</i> .....	112
Tableau 5-2. Variables utilisées pour la modélisation de la probabilité que le mode auto soit choisi pour un déplacement <i>étude</i> .....	114
Tableau 5-3. Variables utilisées pour la modélisation de la probabilité que le mode TC soit choisi pour un déplacement <i>travail</i> .....	115
Tableau 5-4. Synthèse des effets des variables sur la proportion de non-mobiles.....	117
Tableau 5-5. Extrait des résultats fournis par le modèle de la probabilité d'être non-mobile (produits par Stata) .....	118
Tableau 5-6. Synthèse des effets des variables sur la proportion d' <i>auto-suffisants</i> .....	125
Tableau 5-7. Extrait des résultats fournis par le modèle de la probabilité d'être <i>auto-suffisant</i> (produits par Stata) .....	126
Tableau 5-8. Synthèse des effets des variables sur le taux de mobilité .....	133
Tableau 5-9. Extrait des résultats fournis par le modèle du taux de mobilité (produits par Stata) .....	135
Tableau 5-10. Synthèse des effets des variables sur la part modale auto des déplacements <i>études</i> .....	141

Tableau 5-11. Extrait des spécifications fournies par le modèle de la part modale auto des déplacements <i>études</i> .....	143
Tableau 5-12. Synthèse des effets des variables sur la part modale TC des déplacements travail .....	151
Tableau 5-13. Extrait des spécifications fournies par le modèle de la part modale TC des déplacements <i>travail</i> .....	153
Tableau 7-1. Extrait des spécifications fournies par le modèle du nombre moyen de chaînes de déplacements .....	184



## LISTE DES FIGURES

Figure 2-1. Évolution du réseau de métro montréalais .....	13
Figure 2-2. Évolution du réseau de train de banlieue de la région métropolitaine de Montréal ....	15
Figure 2-3. Méthodes prévisionnelles du MTQ (inspiré de (Pimparé & Thiffault, 2000)).....	20
Figure 2-4. Diagramme de Lexis.....	22
Figure 2-5. Exemple d'analyse descriptive selon la méthode démographique : nombre moyen de déplacements quotidiens selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte .....	23
Figure 3-1. Territoires couverts par des enquêtes Origine-Destination .....	28
Figure 3-2. Évolution du territoire enquêté de 1987 à 2008 .....	30
Figure 3-3. Relation entre les types de variables utilisés .....	31
Figure 3-4. Relation entre la densité de population et la répartition modale (Enquête Origine-Destination de Montréal 2008) ((Martel-Poliquin, 2012)p 88).....	41
Figure 3-5. Comparaison des densités officielles et des densités calculées 1998.....	42
Figure 3-6. Comparaison des densités officielles et des densités calculées 2008.....	43
Figure 3-7. Correspondance entre variable dépendante, distribution, lien canonique et paramètres d'échelle (inspiré de (Grégoire, 2011; Pépin, 2012)). .....	50
Figure 3-8. Coefficients APC estimés pour la proportion de non-mobiles.....	53
Figure 4-1. Nombre d'observations selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte.....	57
Figure 4-2. Échantillon de l'Enquête Origine-Destination : pondération et observation .....	58
Figure 4-3. Évolution de la structure de la population selon l'âge et le sexe : comparaison entre les populations recensées et les échantillons de population pondérée par enquête Origine-Destination. ....	59
Figure 4-4. Variation de la proportion de la population âgée de 65 ans et plus de 1987 à 2008 ...	61
Figure 4-5. Variation de la proportion de la population âgée de 15 ans et moins de 1987 à 2008	62
Figure 4-6. Proportion de la population <i>sans-auto</i> , selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte ...	63
Figure 4-7. Proportion de la population <i>auto-négociée</i> , selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte .....	64
Figure 4-8. Proportion de la population <i>auto-suffisante</i> , selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte .....	65

Figure 4-9. Proportion de la population selon le niveau de motorisation, le sexe, le groupe d'âge et la période .....	66
Figure 4-10. Proportion d' <i>auto-suffisants</i> selon le sexe, le groupe d'âge et la taille de ménage ....	67
Figure 4-11. Proportion d' <i>auto-suffisants</i> selon la présence d'enfants de groupes d'âge spécifiques dans le ménage, le sexe et le groupe d'âge .....	68
Figure 4-12. Proportion d' <i>auto-suffisants</i> selon le sexe, le groupe d'âge, la région de résidence ..	69
Figure 4-13. Proportion d' <i>auto-suffisants</i> selon le sexe, le groupe d'âge et l'offre de transport lourd .....	70
Figure 4-14. Proportion de non-mobiles selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte.....	71
Figure 4-15. Proportion de non-mobiles selon le sexe, le groupe d'âge et le niveau de motorisation.....	72
Figure 4-16. Proportion de non-mobiles selon le sexe, le groupe d'âge et la taille du ménage .....	73
Figure 4-17. Proportion de non-mobiles selon le sexe, le groupe d'âge et la présence d'enfant(s) dans le ménage .....	74
Figure 4-18. Proportion de non-mobiles selon le sexe, le groupe d'âge la présence d'enfants de groupes d'âge spécifiques dans le ménage .....	75
Figure 4-19. Proportion des non-mobiles selon le sexe, le groupe d'âge et la région de résidence .....	76
Figure 4-20. Proportion des non-mobiles selon le sexe, le groupe d'âge et l'offre de transport lourd à proximité .....	77
Figure 4-21. Nombre moyen de déplacements quotidiens selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte.....	78
Figure 4-22. Nombre moyen de déplacements quotidiens selon le sexe, le groupe d'âge et le niveau de motorisation .....	79
Figure 4-23. Nombre moyen de déplacements quotidiens selon le sexe, le groupe d'âge et la taille du ménage .....	81
Figure 4-24. Nombre moyen de déplacements quotidiens chez les individus habitant dans un ménage à 4 personnes ou plus selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte.....	82
Figure 4-25. Nombre moyen de déplacements quotidiens chez les individus vivant avec au moins un enfant selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte .....	83

Figure 4-26. Nombre moyen de déplacements quotidiens selon le sexe, le groupe d'âge et la présence d'enfants de groupes d'âge spécifiques dans le ménage .....	84
Figure 4-27. Nombre moyen de déplacements quotidiens selon le sexe, le groupe d'âge et la présence d'enfants de niveau scolaire spécifique .....	85
Figure 4-28. Nombre moyen de déplacements quotidiens selon le sexe, le groupe d'âge et la région de résidence.....	86
Figure 4-29. Nombre moyen de déplacements quotidiens chez les Lavallois selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte.....	87
Figure 4-30. Nombre moyen de déplacements quotidiens selon le sexe, le groupe d'âge et l'accès à des modes de transport lourd à proximité.....	88
Figure 4-31. Part modale Auto des déplacements <i>études</i> , selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte .....	89
Figure 4-32. Part modale Auto des déplacements <i>études</i> selon le sexe, le groupe d'âge et le niveau de motorisation.....	90
Figure 4-33. Part modale auto des déplacements <i>études</i> selon la taille du ménage, le sexe et le groupe d'âge .....	91
Figure 4-34. Part modale auto des déplacements <i>études</i> selon la présence d'enfants dans le ménage, le sexe et le groupe d'âge .....	92
Figure 4-35. Part modale auto des déplacements <i>études</i> selon la présence d'enfants de groupes d'âge spécifiques dans le ménage, le sexe et le groupe d'âge.....	93
Figure 4-36. Part modale auto des déplacements <i>études</i> par des individus vivant avec au moins un enfant de moins de 5 ans, selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte.....	94
Figure 4-37. Part modale auto des déplacements <i>études</i> par des individus vivant en présence d'au moins un enfant âgé de 10 à 15 ans, selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte .....	95
Figure 4-38. Part modale auto des déplacements <i>études</i> selon la région de résidence, le sexe et le groupe d'âge .....	96
Figure 4-39. Part modale auto des déplacements effectués par des Lavallois pour motif <i>études</i> selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte .....	97
Figure 4-40. Part modale auto des déplacements <i>études</i> selon l'offre de transport lourd à proximité, le sexe et le groupe d'âge .....	98

Figure 4-41. Part modale du TC des déplacements <i>travail</i> selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte.....	99
Figure 4-42. Part modale du TC des déplacements <i>travail</i> selon le niveau de motorisation, le sexe et le groupe d'âge.....	100
Figure 4-43. Part modale du TC des déplacements <i>travail</i> selon la taille du ménage, le sexe et le groupe d'âge .....	101
Figure 4-44. Part modale du TC des déplacements <i>travail</i> selon la présence d'enfants dans le ménage, le sexe et le groupe d'âge .....	102
Figure 4-45. Part modale du TC des déplacements <i>travail</i> selon la localisation résidentielle, le sexe et le groupe d'âge.....	103
Figure 4-46. Part modale du TC des déplacements <i>travail</i> selon l'offre de transport lourd à proximité, le sexe et le groupe d'âge .....	104
Figure 5-1. Extrait des résultats concernant la performance du modèle de la probabilité d'être non-mobile (produits par Stata).....	118
Figure 5-2. Coefficients APC estimés pour la probabilité d'être non-mobile .....	121
Figure 5-3. Proportion de non-mobiles selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte: comparaison des données observées et des données modélisées.....	122
Figure 5-4. Proportion de non-mobiles selon le sexe, le groupe d'âge et la période: comparaison des données observées et des données modélisées.....	123
Figure 5-5. Proportions des probabilités de 40% à 60% d'être non-mobile sur l'ensemble des probabilités modélisées .....	124
Figure 5-6. Extrait des résultats concernant la performance du modèle de la probabilité d'être <i>auto-suffisant</i> (produits par Stata) .....	126
Figure 5-7. Coefficients APC estimés pour la probabilité d'être <i>auto-suffisant</i> .....	129
Figure 5-8. Proportion d' <i>auto-suffisants</i> selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte : comparaison des données observées et modélisées .....	130
Figure 5-9. Proportions des probabilités de 40% à 60% d'être <i>auto-suffisant</i> sur l'ensemble des probabilités modélisées .....	131
Figure 5-10. Extrait des résultats concernant la performance du modèle du taux de mobilité (produits par Stata) .....	134

Figure 5-11. Coefficients APC estimés pour le taux de mobilité quotidien .....	137
Figure 5-12. Nombre moyen de déplacements selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte : comparaison des données observées et des données modélisées .....	138
Figure 5-13. Nombre moyen de déplacements selon le sexe, le groupe d'âge et la période : comparaison des données observées et des données modélisées .....	139
Figure 5-14. Analyse des écarts relatifs de la simulation du taux de mobilité quotidien.....	140
Figure 5-15. Extrait des résultats concernant la performance du modèle de la probabilité qu'un déplacement <i>études</i> soit réalisé en auto (produits par Stata).....	143
Figure 5-16. Coefficients APC estimés pour la probabilité qu'un déplacement <i>études</i> soit réalisé en auto .....	146
Figure 5-17. Part modale auto des déplacements <i>études</i> selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte, comparaison des données modélisées et des données observées .....	148
Figure 5-18. Part modale auto des déplacements <i>études</i> selon le groupe d'âge et la période: comparaison des données observées et des données modélisées .....	149
Figure 5-19. Analyse géographique des écarts entre les parts modales auto des déplacements <i>études</i> observées et des parts modales modélisées.....	150
Figure 5-20. Extrait des résultats concernant la performance du modèle de la probabilité qu'un déplacement <i>travail</i> soit réalisé en TC (produits par Stata) .....	152
Figure 5-21. Coefficients APC estimés pour la part modale TC des déplacements <i>travail</i> .....	155
Figure 5-22. Part modale TC des déplacements <i>travail</i> selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte : comparaison des données observées et des données modélisées .....	156
Figure 5-23. Part modale TC des déplacements <i>travail</i> selon le sexe, le groupe d'âge et la période : comparaison des données observées et des données modélisées .....	157
Figure 5-24. Distribution géographique des écarts relatifs entre les parts modale TC des déplacements <i>travail</i> observées et les parts modales modélisées .....	158
Figure 5-25. Résultats selon la population sur laquelle est appliqué le modèle d'un nombre moyen de déplacements .....	160
Figure 5-26. Effets bruts d'âge, de cohorte et de période selon la population sur laquelle est appliqué le modèle du nombre moyen de déplacements quotidiens .....	160

Figure 7-1. Nombre moyen de chaînes de déplacements effectuées quotidiennement selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte.....	177
Figure 7-2. Nombre moyen de chaînes de déplacement effectuées quotidiennement selon le sexe, le groupe d'âge et le niveau de motorisation .....	178
Figure 7-3. Nombre moyen de chaînes de déplacements effectuées quotidiennement selon le sexe, le groupe d'âge et la taille du ménage.....	179
Figure 7-4. Nombre moyen de chaînes de déplacements effectuées chez les individus habitant dans un ménage de 4 personnes ou plus selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte .....	180
Figure 7-5. Nombre moyen de chaînes de déplacements effectuées quotidiennement selon le sexe, le groupe d'âge et la présence d'enfants de groupes d'âge spécifiques dans le ménage.....	181
Figure 7-6. Nombre moyen de chaînes de déplacements effectuées quotidiennement selon le sexe, le groupe d'âge et l'offre de transport lourd.....	182
Figure 7-7. Extrait des résultats concernant la performance du modèle du nombre moyen de chaînes de déplacements quotidiennes.....	183
Figure 7-8. Coefficients APC estimés pour le nombre moyen de chaînes de déplacements quotidiennes .....	187
Figure 7-9. Nombre moyen de chaînes de déplacements selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte : comparaison des données observées et des données modélisées .....	188
Figure 7-10. Nombre moyen de chaînes de déplacements selon le sexe, le groupe d'âge et la période: comparaison des données observées et des données modélisées .....	189
Figure 7-11. Analyse des écarts relatifs, pour la simulation du nombre moyen de chaînes de déplacements quotidiennes.....	190

## LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

AMT	Agence métropolitaine des transports
APC	Âge-Période-Cohorte
APCC	Âge-Période-Cohorte-Caractéristiques
IE	Intrinsc Estimator
MADITUC	Modèle d'Analyse Désagrégée des Itinéraires de Transport Urbain Collectif.
MTQ	Ministère des transports du Québec
STM	Société des transports de Montréal
TC	Transport en commun
GRM	Grande région de Montréal

## **LISTE DES ANNEXES**

ANNEXE I Nombre moyen de chaînes de déplacements.....	176
ANNEXE II Autorisation de reproduction.....	191



## CHAPITRE 1 INTRODUCTION

Une planification adéquate des infrastructures routières et des systèmes de transport en commun est justifiée à la fois par les investissements importants requis pour les travaux d'entretien et de construction ainsi que par la durée de vie de ces infrastructures. La réussite de cette planification est liée à une juste prévision de la demande de transport. En effet, les projets devraient être menés de façon à ce que les infrastructures et les systèmes de transport en commun qui en découlent ne soient ni sous-utilisés ni surchargés; les prévisions de la demande de transport viennent donc orienter et hiérarchiser ces projets.

L'évolution des comportements de mobilité est cependant difficile à prévoir et à expliquer puisque ces comportements sont affectés par une multitude de facteurs. La structure de la ville se métamorphose; en même temps, la population, elle, évolue dans sa composition, s'adapte et modifie ses comportements et habitudes de vie au gré des tendances modernes. Ces changements structuraux et comportementaux s'accroissent, aidés par les nouvelles technologies.

La structure et la forme de la ville ont été transformées par l'étalement urbain, permis par la propagation de la motorisation. L'évolution des formes urbaines influence la dispersion de la population sur la région métropolitaine montréalaise. On accepte communément de considérer la localisation résidentielle et la motorisation comme d'importants facteurs dans la mobilité urbaine. La diversification des lieux de résidence, qui sous-entend également des offres de transport (en termes d'infrastructures et de services) différentes, entraîne logiquement des comportements de mobilité diversifiés.

Les variables démographiques, plus précisément l'âge de l'individu, sa cohorte et son genre sont largement acceptées par la communauté scientifique comme des facteurs influençant les comportements de mobilité, (Bussière, Armoogum, & Madré, 1996; Morency & Robert, 2008; Pochet & Corget, 2010). En raison des changements dans la composition démographique induits par le vieillissement de la population, il est primordial de bien comprendre les effets des variables démographiques et sociales pour l'élaboration des prévisions de la demande de transport réalistes. L'évolution des habitudes de vie affecte les comportements de mobilité. Certains phénomènes peuvent avoir des effets instantanés, de courte ou de longue durée, inscrivant ainsi de nouvelles tendances sociales. Les phénomènes, ayant une temporalité et une durée propre, pourraient influencer différemment les générations. L'importance ou le déclin de certaines tendances

lourdes doit être considérée et la pertinence d'intégrer au modèle des tendances émergentes doit être étudiée.

Les modèles de prévision de la demande de transport ont été sans cesse améliorés, en même temps que la disponibilité de données de transport de qualité grandissait. Le groupe MADITUC (Modèle d'Analyse Désagrégée des Itinéraires de Transport Urbain Collectif) a raffiné la modélisation en présentant un modèle désagrégé de la demande qui est notamment utilisé par le Ministère des Transports du Québec (MTQ, 2012). Les données utilisées par ce type de modélisation, issues des enquêtes Origine-Destination (OD), favorisent l'intégration d'une multitude de variables explicatives. Les méthodes de prévision de la demande de transport peuvent toutefois être encore améliorées afin de mieux considérer certaines tendances émergentes ou déclinantes.

## **1.1 Problématique de recherche**

Afin d'améliorer les méthodes de prévision de la demande, le projet de recherche insiste sur l'utilisation de méthodes d'analyse démographique pour expliquer la mobilité urbaine. Alors que l'approche démographique n'est pas nouvelle en soi, il est toutefois nécessaire de réactualiser régulièrement les observations en raison du contexte évolutif des composantes de la mobilité. La difficulté d'interpréter les résultats des modélisations en raison de la corrélation entre les variables ainsi que l'insertion de nouvelles variables explicatives aux modèles justifie également une nouvelle quantification des effets.

Il est essentiel de pouvoir reconnaître les tendances émergentes, constantes ou déclinantes pour adapter les hypothèses sur lesquelles les scénarios tendanciels qui servent de bases à la modélisation sont développés. Enfin, les méthodes de prévision de la demande actuellement employées pour les projections montréalaises considèrent peu l'appartenance de l'individu à son environnement immédiat. Le ménage, la localisation résidentielle et l'offre de transport ont pourtant une incidence très probable sur la mobilité. Certaines variables caractérisant l'environnement de l'individu bonifieront donc l'analyse descriptive et la modélisation selon les méthodes démographiques.

## 1.2 Objectifs de recherche

Le projet de recherche vise essentiellement à développer une nouvelle méthodologie qui faciliterait l'identification de tendances et qui permettrait de prendre en compte les caractéristiques individuelles et les caractéristiques du milieu dans lequel l'individu vit, tel que son ménage et son voisinage. La modélisation devrait être mieux adaptée au contexte évolutif de la demande de transport et aisément applicable sur l'ensemble de la population du grand Montréal.

Pour atteindre ce but, plusieurs objectifs spécifiques peuvent être énoncés :

- Décrire la mobilité urbaine montréalaise et présenter les tendances en matière de mobilité urbaine;
- Identifier les populations et les contextes sur lesquels les tendances s'appliquent;
- Identifier et quantifier les variables explicatives pertinentes en vue de l'application du modèle;
- Élaborer un modèle explicatif;
- Appliquer et tester le modèle sur la population de la grande région de Montréal;
- Évaluer la pertinence des modèles APCC pour comprendre les tendances et prévoir la demande de transport;
- Formuler des recommandations visant à améliorer les méthodes actuelles de projection des comportements de mobilité.

## 1.3 Structure du document

À la suite de ce chapitre d'introduction, une revue de littérature détaillant l'évolution de la population et celle des infrastructures ainsi que les différentes techniques de modélisation est proposée dans le chapitre 2. C'est également dans ce chapitre que certaines tendances lourdes sont énoncées.

Le chapitre 3 explique la méthodologie poursuivie dans le projet. Les sources de données sont présentées et qualifiées afin de comprendre le processus ayant mené à la constitution des bases de données utilisées. Un inventaire des variables explicatives et des indicateurs de mobilité qui nous intéressent est compris dans ce chapitre, qui se termine par une exposition des étapes qui composent l'exercice de la modélisation.

Le chapitre 4 se consacre à une analyse descriptive exhaustive, débutant par une analyse des données pour évaluer comment la population de l'échantillon se répartit en classes d'âge et de quelle façon cet échantillon représente véritablement la population de référence. L'analyse se poursuit afin d'évaluer l'intensité de certaines tendances lourdes relevées par la littérature. Enfin, une analyse descriptive selon les méthodes démographiques est effectuée pour les indicateurs de mobilité retenus.

Les résultats de modélisation sont présentés au chapitre 5. La définition des modèles, l'analyse des effets estimés pour les variables explicatives, l'analyse détaillée des effets APC et le processus de validation des modèles sont donc les éléments contenus dans cette section.

Finalement, la conclusion rapporte les contributions visées par le projet, tout en admettant les limites rencontrées et les améliorations potentielles qui pourraient être réalisées dans des projets subséquents.

## **CHAPITRE 2    REVUE DE LITTÉRATURE**

La revue de la littérature permet d'éclaircir des notions fondamentales à la compréhension du projet de recherche et permet également de prendre en compte les éléments ayant déjà été traités dans des études connexes. Une première section s'attardera à la multi-évolution que la population du grand Montréal a subie durant les dernières décennies et les parallèles pouvant être établis avec la mobilité urbaine.

L'offre de transport oriente très probablement la mobilité urbaine. Certaines portions de l'offre, possibles à quantifier dans l'actuel projet, seront abordées pour saisir leur évolution. L'état du réseau de métro montréalais et des réseaux de trains de banlieue au moment de chacune des enquêtes Origine-Destination (OD) utilisées dans le cadre du projet est retracé.

Finalement, un bref historique de la modélisation de la demande de transport est réalisé, afin de mettre en contexte les méthodes qui présentent un intérêt particulier dans le cadre de la recherche. Enfin, la méthode d'analyse descriptive démographique et la modélisation Âge-Période-Cohorte seront présentées.

### **2.1 Évolution de la population**

La population de la grande région de Montréal connaît une multi-évolution particulière qui mérite d'être détaillée. En effet, elle se métamorphose dans sa structure démographique, dans sa manière d'occuper l'espace ainsi que dans ses comportements.

#### **2.1.1 Structure démographique**

On parle de structure démographique lorsqu'on fait référence à la proportion d'individus appartenant à chaque groupe d'âge et à chaque genre. Les phénomènes de croissance démographique et de vieillissement peuvent venir modifier cette structure. Parce que l'on suppose que l'âge, la cohorte et le sexe affectent les comportements de mobilité, l'évolution de la structure de la population modifie la demande de transport.

Selon l'Institut Statistique du Québec, la population montréalaise devrait continuer de croître, cependant, cette croissance devrait se faire à un rythme légèrement ralenti relativement à celui estimé dans les régions entourant Montréal (André, Payeur, & Lachance, 2009). Une croissance

de la population peut potentiellement se traduire par une augmentation du nombre de déplacements (St-Pierre, 2007).

La plus grande part de la croissance de population se fera dans le segment de population âgé de 65 ans et plus; c'est la concentration de ce segment qui amène le phénomène de vieillissement de la population. En 2011, les 65 ans et plus représentent environ 15% de la population. L'Institut Statistique du Québec estime toutefois que cette proportion passera à 22% en 2031. Il est important de reconnaître que le phénomène de vieillissement sera moins prononcé dans la région montréalaise que dans les autres régions québécoises grâce à la part des migrations internationales dans l'accroissement de la population montréalaise, qui introduit une population plus jeune (André et al., 2009). D'ailleurs, l'ISQ mentionne que Montréal est l'une des seules régions administratives à maintenir un indice de remplacement de population positif.

### **Le vieillissement et la mobilité**

Le vieillissement est pris en compte dans les scénarios de mobilité puisqu'il a une incidence non négligeable sur les comportements individuels et représente un défi de taille (Bonnell, 2004; Grégoire, 2011). Les autorités en matière de transport doivent tenir compte des besoins des populations âgées, qui diffèrent de ceux des populations plus jeunes et de ceux des populations âgées des autres générations. Certains auteurs (Mitchell, Nelson, Burkhardt, & McGavock, 2002) identifient les principaux défis auxquels ces autorités doivent faire face, qui s'articulent autour de la nécessité d'adapter la qualité et l'offre de service aux besoins des aînés et de la prise en compte des limitations physiques imposées par leur âge.

Le vieillissement individuel apporte une série de changements physiques qui affectent la qualité de vie, surtout après l'âge de 80 ans. L'accès aux lieux devient plus difficile avec la perte graduelle de la motricité. On observe ainsi des incapacités à rejoindre certains modes de transport ainsi qu'une difficulté à rester indépendant (Grégoire, 2011).

Le vieillissement chez les cohortes actuelles est différent de celui observé chez les cohortes précédentes. Premièrement, les cohortes actuelles sont généralement en bien meilleure santé, aux mêmes âges, que les anciennes. Elles sont également mieux nanties, consomment davantage de loisirs et ont tendance à rester motorisées à un âge bien plus avancé que les cohortes qui les précèdent (Grégoire, 2011).

Finalement, les populations âgées ont tendance à se déplacer à des heures et pour des motifs différents. Leurs déplacements sont souvent réalisés en dehors des heures de pointe et pour des motifs liés aux loisirs ou au magasinage (Grégoire, 2011; Krakutovski, 2004).

### **Composition des ménages**

Les possibilités de composition des ménages se sont diversifiées au cours des dernières décennies. La participation plus intense des femmes au marché du travail et le plus long processus d'éducation auquel se soumettent les jeunes professionnels peuvent faire partie des causes de cette diversification. En effet, l'âge auquel les ménages familiaux se forment a été repoussé d'une dizaine d'années entre 1970 et 2000 (Désilets, 2012) et cela laisse un espace temporel d'une plus longue durée pour les types de ménages alternatifs tels que la colocation entre étudiants. Il devient dès lors difficile de savoir comment les ménages de plus d'une personne sont constitués.

Les auteurs rapportent également la montée fulgurante en popularité des ménages d'une seule personne (Désilets, 2012; Klinenberg, 2012; Krakutovski, 2004). Klinenberg soutient même que dans certaines villes, la part de ménages composés d'une seule personne peut être aussi importante que 50% !

### **2.1.2 Étalement urbain (évolution des localisations résidentielles)**

La population évolue également en ce qui a trait aux localisations résidentielles. En 1966, l'urbanisation était surtout contenue sur l'île de Montréal, sur la rive-sud proche et à Laval (Marois, 2013). Mais le type d'aménagement du territoire pratiqué au cours de la deuxième moitié du XXe siècle, principalement orienté vers l'utilisation de la voiture individuelle, a favorisé des vagues de construction résidentielle de plus en plus éloignées du centre-ville, tout en encourageant la diversification des destinations, de plus en plus souvent situées en périphérie (Demers, 2006; Joly, Morency, & Bonnel, 2009). On constate en effet le développement de pôles d'activités économiques d'importance situés à l'extérieur du centre-ville de Montréal (St-Pierre, 2007). Actuellement, on remarque une suburbanisation et une périurbanisation qui dépasse les limites traditionnelles de la région métropolitaine de Montréal (Marois, 2013). L'étalement urbain est un phénomène panaméricain : 75% des américains auraient de la difficulté à

fonctionner sans leur voiture, vu l'éloignement entre les services, le travail et la maison (Demers, 2006).

L'étalement urbain, que l'on caractérise généralement par la diminution des densités urbaines, est reconnue d'emblée comme un élément influençant la mobilité quotidienne. On associe facilement le plus haut niveau de motorisation de certains ménages à leur résidence dans des quartiers à faibles densités. Cette association explique en partie le plus grand nombre de déplacements en voiture réalisés par ces ménages (Demers, 2006). On observe fréquemment que les parts modales du transport en commun sont de moindre importance dans les quartiers peu denses, étant donné que ces quartiers sont, le plus souvent, mal desservis en termes d'offre de transport public (Demers, 2006; Joly et al., 2009). On devine qu'une offre appropriée de transport en commun est difficile à mettre en place en raison des faibles densités et de la diversité des destinations, encourageant ainsi le choix de la voiture dans la réalisation des déplacements. Enfin, les modes actifs sont peu pratiqués dans les quartiers en périphérie puisque le développement axé sur la voiture façonne le réseau routier en un tracé tortueux et allonge les déplacements.

### **2.1.3 Tendances comportementales**

Plusieurs grandes tendances sociales se sont mises en place au cours des dernières décennies. Les tendances qui semblent avoir les liens les plus forts avec la mobilité urbaine sont brièvement présentées. Le processus par lequel elles s'inscrivent dans les habitudes de vie, leur horizon de développement et leur incidence probable sur le transport sont des aspects qui sont abordés.

#### **Participation plus active des femmes au marché du travail**

La participation plus marquée des femmes au marché du travail est un phénomène reconnu et très souvent cité. Reconnaître ce phénomène est nécessaire en raison de son impact potentiel sur la mobilité urbaine. Évidemment, un emploi génère des déplacements. On peut espérer capter cette nouvelle réalité, qui s'est intensifiée au cours des vingt dernières années et sur les cohortes les plus récentes grâce au type d'analyse démographique poursuivie. Il est réaliste de croire que le nombre de déplacements des femmes pourrait rejoindre celui des hommes. Cette tendance serait toutefois plus modeste chez les femmes en âge de procréer (25-35 ans) (St-Pierre, 2007).



### **Motorisation plus accentuée**

La motorisation continue de croître, en partie en raison de l'éloignement des localisations résidentielles, d'une plus grande aisance financière et de la participation plus prononcée des femmes au marché du travail (Krakutovski, 2004). Une tendance est observée notamment chez les femmes dont le niveau de motorisation rattrape celui des hommes. À l'intérieur des ménages, le nombre de voitures tend à augmenter malgré la diminution moyenne de la taille des ménages. Les gens restent motorisés jusqu'à des âges de plus en plus avancés, d'ailleurs les scénarios prévisionnels estiment qu'une fois motorisé, un individu ne se démotorise pas (scénario tendanciel MTQ).

En marge du phénomène de motorisation, on voit se multiplier les incitations monétaires et les pressions sociales encourageant l'abandon de la voiture. Des cocktails de transports multimodes (forfait d'abonnement opus + bixi + communauto) sont populaires et des programmes incitatifs, tel que « faites de l'air<sup>1</sup> » voient le jour. Il est donc hasardeux de prétendre que les individus auront encore tendance à rester motorisés tout au long de leur vie, dans un contexte où la population est encouragée si fortement à délaisser la voiture.

Enfin, on peut se questionner sur les effets potentiels de nouveaux styles de vie et de la reconnaissance collective des comportements à la mode. Bien paraître aujourd'hui ne passe plus nécessairement par la possession automobile de marque luxueuse, mais également par la possession de gadgets technologiques. La démonstration de la réussite individuelle se matérialisant par des canaux différents, l'idée préconçue du maintien et même de la popularité de la motorisation est à réévaluer (Kaufmann, 2011).

### **Chaînes de déplacement plus complexes**

Les chaînes de déplacement sembleraient se complexifier avec le temps, surtout dans la dernière douzaine d'années. Selon McGuckin (2005), l'augmentation des revenus disponibles, la diminution du temps libre et l'obligation, vu la participation des femmes au monde du travail, de faire des déplacements pour pallier des besoins qui à l'origine étaient comblés à l'intérieur du ménage sont des causes qui peuvent expliquer en partie la complexification des chaînes de déplacements. Les mères passeraient plus d'une heure au volant par jour, parcourraient en

---

<sup>1</sup> Programme de recyclage de vieux véhicules financé par le gouvernement du Québec

moyenne 46km quotidiennement, et les deux tiers des déplacements qu'elles réaliseraient seraient dans le but de combler des besoins familiaux (Demers, 2006).

Les motifs pour les déplacements supplémentaires composant les chaînes seraient cependant différents selon le sexe. Chez les hommes, ces déplacements seraient souvent liés à un arrêt pour l'achat d'un café ou d'un lunch sur la route du travail, selon ce que McGuckin (2005) définit comme l'effet «Starbucks». Dans les ménages familiaux à deux travailleurs, les déplacements pour l'accompagnement d'un enfant à la garderie ou à l'école seraient plus souvent réalisés par la femme (McGuckin, Zmud, & Nakamoto, 2005). Les ménages familiaux réaliseraient des chaînes complexes en plus grand nombre ou en plus grande intensité que les ménages où il n'y a pas d'enfants (Rashidi, Mohammadian, & Zhang, 2010).

Les chaînes de déplacements sont souvent réalisées en voiture parce que ce mode offre un avantage de souplesse sur les autres modes (Martel-Poliquin dans (Morency, 2011)).

### **L'accompagnement des enfants**

L'accompagnement des enfants dans leurs déplacements est une tendance très actuelle, sur laquelle de nombreux auteurs se penchent et il convient d'en rapporter ici les constats importants. En effet, cette tendance est en quelque sorte une composante des autres phénomènes évoqués jusqu'ici (étalement urbain, motorisation, complexification des chaînes de déplacements) et mérite une attention particulière.

L'accompagnement des enfants semble surtout se concentrer sur les déplacements vers ou au retour de l'école et ce motif de déplacement aurait pris de l'importance au cours des quarante dernières années. La proportion des enfants qui allaient à l'école à pied était de 50% en 1969 et est passé à 10% en 1995 (Demers, 2006). Cette tendance semble être partagée dans plusieurs pays; en Angleterre, les écoliers ont vu la part de leurs déplacements en voiture vers l'école doublé entre 1965 et 1999 (Pépin, 2012), alors qu'au Danemark, les déplacements en automobile chez les jeunes de 6 à 10 ans ont plus que doublé entre 1978 et 2000 (Pépin, 2012). Au Canada, il semblerait que la même tendance soit observée puisque les jeunes âgés de 11 à 13 ans ont vu leur part modale de la marche perdre en importance (10%), tandis que celle des jeunes âgés de 14 à 15 est passée de 38.6% à 30.7% (Pépin, 2012). Les différences dans la tendance selon l'âge pourraient être attribuables à la distribution géographique des établissements scolaires primaires et secondaires (Lewis & Torres, 2010).

Les causes de l'intensification de cette tendance sont nombreuses et se chevauchent. La forme urbaine, par exemple, peut décourager les gens à marcher ou à utiliser leur vélo si des effets de coupure (grandes artères, voies ferrées, barrières naturelles ou zone à vocation unique) sont présents (Héran, 2011). La forme urbaine peut ainsi moduler l'apparence d'insécurité ressentie par les parents et donc influencer la mobilité du ménage (Pépin, 2012)

L'étalement urbain encourage également l'accompagnement des enfants, puisque de nombreuses destinations se retrouvent à des distances trop éloignées pour être parcourues à pied. Selon Lewis & Torres, la distance serait davantage une raison invoquée par les parents pour reconduire leurs enfants que leur perception d'insécurité (Lewis & Torres, 2010).

Outre leur perception du danger, les parents interviennent sur la mobilité de leurs enfants de par leur choix de l'établissement scolaire qui sera fréquenté. Ce n'est pas tous les établissements qui offrent le service d'autobus. Leur localisation à distances variables peut donc nécessiter un accompagnement en voiture. On remarque que c'est surtout au niveau du secondaire que le choix d'une institution peut prendre en importance, étant donné les différences entre le secteur public et le secteur privé et la multiplicité des programmes à vocations particulières. La renommée de l'institution peut aussi primer sur sa localisation.

Enfin, les parents influencent la mobilité de leurs enfants par leur propre comportement. Si le mode de transport des parents est plus souvent l'automobile, le raccompagnement de l'enfant devient une option peu coûteuse en termes d'efforts et de temps, surtout si le raccompagnement exige peu de distance en termes de détour.

Tous ces éléments favorisent les déplacements accompagnés des enfants et l'utilisation des modes motorisés. Actuellement, 70% du total des déplacements des enfants seraient réalisés en voiture (Demers, 2006). À l'heure de pointe du matin, une proportion très importante des déplacements seraient liés au raccompagnement des enfants vers l'école. Au Royaume-Uni, il est estimé qu'au moins 20% du trafic serait lié à la reconduite des enfants (Amar, 2004 dans (Lewis & Torres, 2010)), et les études laissent entendre que la situation est comparable aux États-Unis (Demers, 2006; Lewis & Torres, 2010). Les statistiques démontrent que les accidents de la route impliquant des piétons enfants ont chuté ces dernières vingt années; en effet, l'exposition des enfants à un tel danger a tellement été diminuée par le raccompagnement en voiture! (Demers, 2006)

Finalement, la littérature relève que les déplacements comme passager chez les enfants se font jusqu'à des âges plus avancés qu'il y a quelques décennies (Hillman & Adams, 1992; Lewis & Torres, 2010).

### **Regain d'intérêt pour le transport en commun**

Il est possible qu'un regain d'intérêt des particuliers pour le transport en commun s'inscrive dans la mobilité montréalaise. Comme il a été mentionné préalablement, les forfaits d'abonnement accroissent le nombre d'options de transport et les incitations à délaisser sa voiture sont de plus en plus populaires. Il serait intéressant de suivre ces deux phénomènes conjointement.

En somme, la demande de transport subit des variations importantes par l'évolution que la population connaît. La structure de la population se transforme et le vieillissement de la population vient modifier les besoins d'une grande proportion de la population. L'étalement urbain diversifie les origines et les destinations, augmentant la difficulté de planifier les systèmes de transport par la variabilité des milieux. Enfin, les tendances qui imprègnent la population ces dernières décennies influenceront certainement les comportements de mobilité à venir.

## **2.2 Évolution des infrastructures**

La demande de transport évolue certainement, tout comme l'offre de transport. En effet, entre 1987 et 2008, qui sont les années des enquêtes Origine-Destination utilisées dans le projet, les infrastructures de transport dans la région montréalaise se sont déployées. L'offre de transport quantifiable présente un intérêt particulier puisqu'elle peut être intégrée dans l'analyse et dans la modélisation.

## 2.2.1 Le métro

Le réseau du métro de Montréal s'est densifié au cours de la période étudiée. L'évolution du métro est présentée sur la Figure 2-1.



Figure 2-1. Évolution du réseau de métro montréalais

Source de l'image originale : <http://www.stm.info/fr/infos/reseaux/metro>

Au cours de la première enquête considérée, seules la ligne verte et la ligne jaune étaient complétées telle qu'on la connaît aujourd'hui. Entre cette enquête et l'enquête Origine-Destination de 1998, les stations Acadie, Outremont, Édouard-Montpetit, Université de Montréal et Côte-des-neiges sont entrées en fonction. Enfin, entre les deux dernières enquêtes, les stations situées à Laval ont vu le jour.

Le bassin des individus ayant accès à distance de marche du réseau souterrain public a donc considérablement été augmenté ces dernières vingt années. La proximité d'une infrastructure lourde de transport public favorise évidemment son utilisation. Le développement du métro de Montréal peut donc avoir un effet non négligeable sur la mobilité montréalaise.

## 2.2.2 Le train

Le réseau de train de banlieue tel qu'on le connaît aujourd'hui a demandé bien des années avant d'être complété. La Figure 2-2 fait état de son évolution.

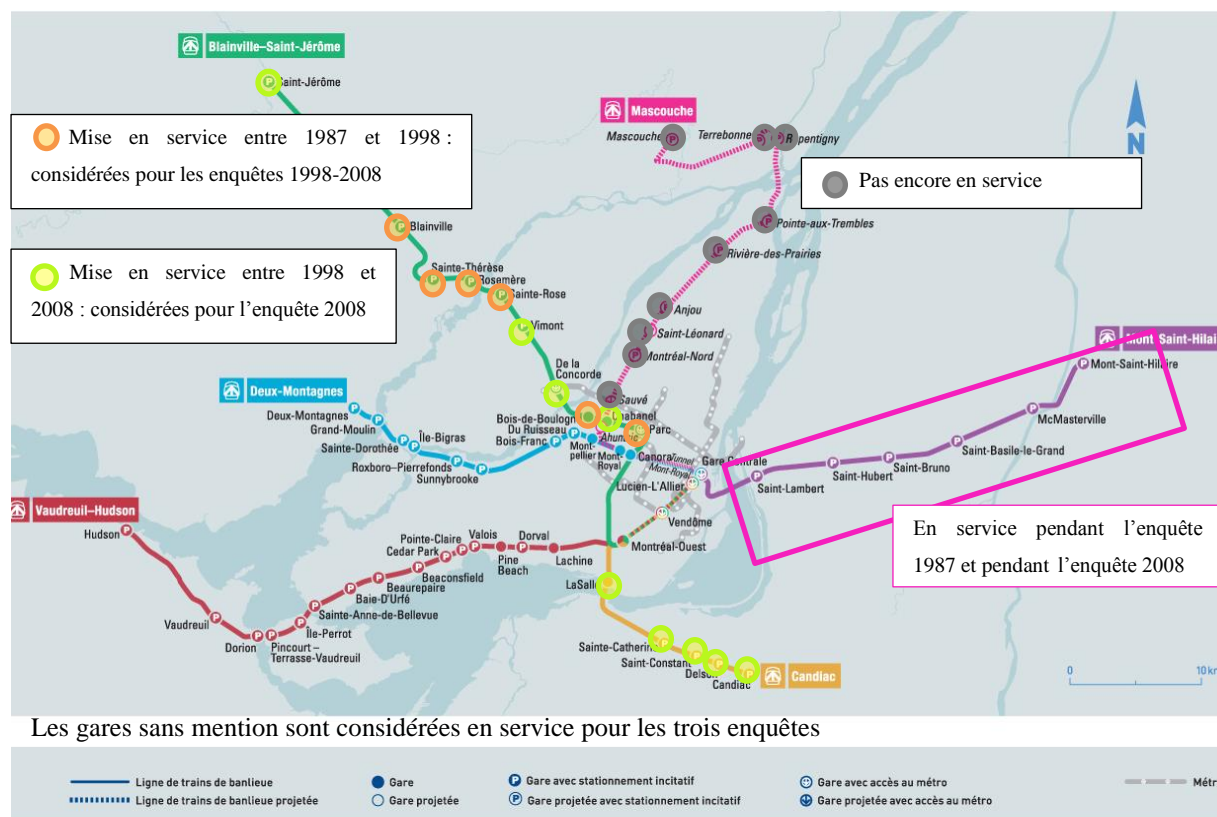


Figure 2-2. Évolution du réseau de train de banlieue de la région métropolitaine de Montréal

Les lignes de train Deux-Montagnes et de Vaudreuil-Hudson datent du début du siècle et, mis à part des travaux de modernisation, elles ont conservé essentiellement la même desserte que lors de leur inauguration. La ligne de Mont-St-Hilaire fait partie du paysage urbain depuis longtemps, mais le faible achalandage qu'elle connaissait dans les années 1980 a mené à l'abandon du service de train de banlieue en 1988. C'est en 2000 que le service fut rétabli par l'AMT, la hausse de la demande causée par le trafic métropolitain le justifiant. En 1997, l'AMT a mis en place un service qui, d'abord temporaire, est devenu permanent sur la ligne de St-Jérôme. La ligne devait pallier les désagréments causés par la fermeture de la voie 117 et desservait à la base quatre gares de train jusqu'à Blainville. Parce que cette ligne de train de banlieue connut un grand succès en termes d'achalandage dès sa mise en service, certaines gares ont été ajoutées la même année,

soient les gares de Sainte-Rose, de Rosemère et d'Henri-Bourassa (Bois-de-Boulogne). Elle compte aujourd'hui 13 gares et l'une des gares originales, la gare de St-Martin, a été fermée en 2007 suite à l'ouverture de la gare de la Concorde. Enfin, la cinquième ligne de train sous la responsabilité de l'AMT est la ligne Candiac. Elle a été mise en service en 2001 et a le tracé qu'on lui connaît depuis 2005.

La demande en transport en commun par train est telle qu'il est prévu d'ajouter une nouvelle ligne de train de banlieue : la ligne Mascouche ou train de l'Est. La popularité du train est bien réelle, en effet, les stationnements incitatifs sont toujours remplis jusqu'aux limites de leurs capacités et de nouvelles stratégies sont mises en place pour faciliter l'accès à ce mode de transport. Des stationnements pour vélos sont ainsi expérimentés par l'AMT. Le domaine de l'urbanisme et de l'aménagement soumet également des idées intéressantes pour faciliter l'accès aux infrastructures sur rails, tels que les TOD (Transit Oriented Development).

### **2.2.3 Autres infrastructures**

Malgré l'influence probable que l'évolution des infrastructures routières pourrait avoir sur l'évolution de la demande de transport, le manque de données comparables à travers le temps et l'espace est la cause de leur absence dans le projet.

Il aurait été très intéressant de s'attarder à l'évolution de l'offre de transport en commun en autobus et de la prendre en compte dans l'étude de la mobilité effectuée dans ce projet, mais tout comme les réseaux routiers, l'historique de l'offre d'autobus n'est pas appuyée par des ensembles de données comparables à travers les enquêtes.

## **2.3 Modélisation des comportements de mobilité**

La modélisation dans le domaine des transports a débuté dans les années 1950 aux États-Unis. Les premiers modèles concernaient essentiellement la capacité routière et l'évaluation de la congestion, principales considérations à l'époque (Bonnell, 2004; Krakutovski, 2004).

Grâce à l'amélioration technologique, les premiers modèles, très agrégés, ont graduellement cédé leur place aux modèles désagrégés. D'autres préoccupations orientent désormais la modélisation, telles que l'émission des GES et les effets sur les changements climatiques.



Parmi les modèles désagrégés, deux types de modèles retiennent plus particulièrement notre attention. Nous nous attarderons davantage sur le modèle d'analyse comportementale, dont la modélisation *Activity-Based*, et le modèle Âge-Période-Cohorte, décrit dans la section 2.4.

### 2.3.1 Modélisation agrégé : exemple du modèle classique à quatre étapes

Les modèles agrégés ont été les principaux utilisés jusque dans les années 1970 (Ortuzar & Willumsen, 2011). L'un de ces types de modèles qui a marqué l'histoire de la modélisation des transports est le modèle classique à quatre étapes. Chaque étape de ce modèle sert à répondre à une question précise, et les étapes sont organisées logiquement.

On peut résumer le but de chacune des quatre étapes ainsi :

- **génération de déplacements** : combien de déplacements?
- **distribution** : où vont-ils?
- **répartition modale** : par quel mode s'effectueront-ils?
- **affectation** : par quels chemins passent-ils?

La distribution des déplacements entre une origine et une destination se fait à une grande échelle, le territoire est découpé en zones possédant chacune un centroïde auquel on distribue les origines et les destinations des déplacements générés.

L'avantage de ce modèle à quatre étapes est son aspect logique. Cependant, son niveau extrêmement agrégé, sa nature statique et son indépendance vis-à-vis de l'offre de service sont des limitations importantes de ce modèle (Ortuzar & Willumsen, 2011).

### 2.3.2 Modélisation désagrégée

Les modèles désagrégés prennent en importance à partir des années 1980 (Ortuzar & Willumsen, 2011). Manheim a grandement collaboré au développement des modèles désagrégés de choix discret par sa démonstration de l'applicabilité des théories économistes de l'offre et de la demande au domaine des transports (Bonnel, 2004). Le modèle recherche ainsi un équilibre entre l'offre et la demande, au travers de l'indice du coût généralisé. Cet indice prend en compte les aspects d'un déplacement tels que le coût lui-même, sa durée, et les autres aspects qui pourraient être jugés pénalisants pour l'individu et donc coûteux, par exemple, un transfert modal. (Ortuzar & Willumsen, 2011). Une fonction d'utilité du déplacement est donc établie au moyen de ce coût

généralisé et cette utilité déterminera l'attractivité relative des options de déplacement (Ortuzar & Willumsen, 2011). Les caractéristiques personnelles de l'individu sont prises en compte dans leur processus décisionnel.

Cependant, les modèles désagrégés inspirés par l'économie ont quelques limitations. Leur concentration sur la fonction d'utilité selon une valeur monétaire rend l'interprétation des résultats plus difficile, puisque les comportements de mobilité doivent être expliqués par des notions plutôt abstraites de coût généralisé (Krakutovski, 2004). En somme, ce type de modèle nécessite beaucoup d'intervention analytique.

### **2.3.3 Modélisation Activity-Based**

Le déplacement est une externalité causée par un besoin de réaliser une activité à un lieu donné (Bhat & Koppelman, 1999). La relation entre déplacement et activité est établie dès 1954 par Mitchell et Rapkin (Ortuzar & Willumsen, 2011). Un changement de paradigme afin de tenir compte de cette réalité a ainsi bouleversé l'étude des transports, et un type de modélisation orienté sur l'activité plutôt que sur le déplacement s'est développé (Bhat & Koppelman, 1999). S'attarder aux raisons du déplacement plutôt qu'à ses caractéristiques permet de se pencher sur la problématique des chaînes de déplacements. Selon les activités pratiquées à travers la chaîne, tous les déplacements la composant, en raison de leur interdépendance, seront influencés à cause des contraintes de temps et d'espace (Ortuzar & Willumsen, 2011).

Les auteurs ne s'entendent pas tous sur une même définition de *chaîne de déplacements* (Valiquette, 2010). Certains s'accordent pour une définition plus inclusive, où tous les déplacements entre le départ du domicile jusqu'au retour à ce dernier sont considérés comme parties de la dite chaîne (Primerano et al. (2007) et Srinivasan (1998), dans (Morency & Trépanier, 2013)) alors que d'autres limitent la chaîne de déplacements à une durée temporelle de 90 minutes (O'Fallon et Sullivan (2005) dans (Morency & Trépanier, 2013)).

Une des applications concrètes de la modélisation orientée activité est dévoilée par le module TASHA (Miller & Roorda, 2003), centré sur la génération de programmes quotidiens d'activités. Ce module est l'une des composantes du modèle intégré d'ILUTE (Integrated Land Use, Transportation, Environment), développé à l'Université de Toronto (Miller & Salvini (2001) et Salvini & Miller (2005)). Malgré l'abondance de données issues des enquêtes de mobilité, les

prévisions pratiquées sont orientées davantage sur les caractéristiques des déplacements plutôt que sur leur utilité. L'intérêt principal accordé au module TASHA réside donc dans sa possibilité de générer des données d'activités qui pourraient mieux orienter les prévisions.

La modélisation basée activités peut amener certaines améliorations au processus de modélisation de la demande actuellement exercé. En effet, les systèmes d'activité évoluent, les localisations et les dispersions temporelles tout autant, et ces phénomènes ne sont pas assurément captés par les enquêtes de mobilité et la modélisation actuelle. Recentrer la modélisation autour des systèmes d'activité, donc de l'utilité des déplacements, pourrait mieux refléter les changements tendanciels dans les prévisions réalisées.

#### **2.3.4 Méthodologie de prévision utilisée par le MTQ**

La méthode de prévision de la demande utilisée actuellement au MTQ a été développée à l'origine dans les années 1990 par le groupe MADITUC de Polytechnique de Montréal, et a été améliorée depuis. La Figure 2-3 présente une schématisation de la méthode. Elle permet de tracer une demande future estimée basée sur l'évolution de la demande antérieure. Elle s'appuie notamment sur les projections et tendances démographiques. Les attributs sociodémographiques de l'individu, conjointement avec les tendances, servent à pondérer chaque déplacement observé dans la plus récente enquête, de façon à adapter le fichier de données OD aux projections démographiques (MTQ, 2012; St-Pierre, 2007).

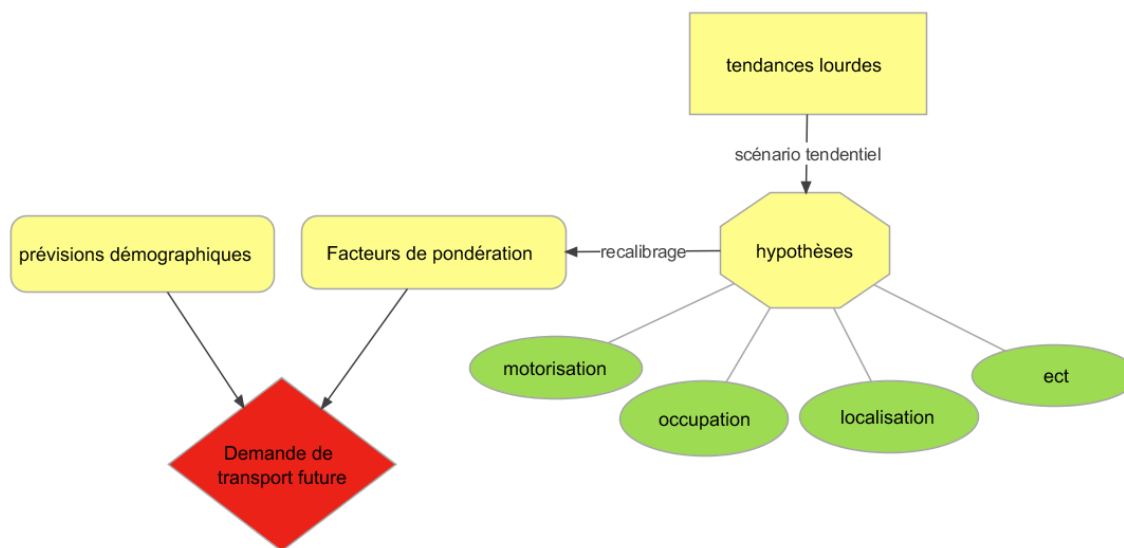


Figure 2-3. Méthodes prévisionnelles du MTQ (inspiré de (Pimparé & Thiffault, 2000))

Les effectifs de population projetés sont transposés en nombre de ménages selon la méthode de « taux de chefs de ménages » (taux dérivé des proportions du principal souteneur de famille par segment de population divisé par l'âge). Les contraintes en aménagement sont ensuite considérées afin de s'assurer que les ménages soient bien distribués sur le territoire.

La méthode présente plusieurs limites qui doivent être énoncées. Premièrement, la méthode est dite tendancielle, donc s'appuie sur les phénomènes et tendances lourdes. Malgré la considération dont les tendances émergentes font l'objet, elles sont difficilement intégrées dans la modélisation de la demande puisqu'il est ardu de connaître le contexte et la pérennité de ces tendances nouvelles. Les scénarios d'aménagement, quoiqu'ils réduisent les incompréhensions, considèrent actuellement peu les nouveaux développements résidentiels pour les modélisations concernant la grande région montréalaise. Des améliorations à ce niveau ont été réalisées dans les exercices de modélisation dans la région de Gatineau, et sont prévues pour la région de Montréal. Finalement, l'offre de transport n'est pas intégrée dans la méthode (Demanou, 2014; Morency & Trépanier, 2013; St-Pierre, 2007).

## 2.4 Méthode démographique

Le fondement des méthodes démographiques provient de l'hypothèse selon laquelle les individus qui partagent des caractéristiques communes auraient un comportement similaire. La base de la technique est donc de diviser la population par sexe, par âge et par cohorte pour créer des sous-populations et ainsi identifier clairement les comportements des individus qui composent ces sous-populations. On peut ensuite déterminer les causes des divergences de comportement. La compréhension des perspectives longitudinales et transversales sont essentielles pour l'application de l'analyse démographique. Une adaptation de l'analyse démographique au contexte du projet de recherche sera détaillée afin que les analyses du Chapitre 4 soient plus faciles à traiter. Pour terminer, les méthodes de modélisation démographiques seront approfondies pour en connaître l'historique et les méthodes de décomposition des effets actuellement utilisées.

### 2.4.1 Perspectives : longitudinale et transversale

L'analyse longitudinale permet le suivi de cohortes à travers les groupes d'âges successifs lorsqu'un contexte temporel est fixé. Les cohortes rassemblent les individus ayant un vécu similaire par le partage d'une même année de naissance. L'âge réfère également au cycle de vie. La réunion des trois dimensions démographiques sur un diagramme permet d'en visualiser plus facilement les effets (Bussière et al., 1996). On peut ainsi vérifier les différences et les tendances en matière de comportements, aux mêmes âges, pour des générations différentes (Krakutovski, 2004). L'analyse longitudinale d'une cohorte est possible en suivant le même échantillon de population à travers plusieurs enquêtes.

L'analyse transversale se base sur des observations prises à un moment précis dans le temps et ces observations permettent d'analyser tous les groupes d'âge d'une population à un moment donné. Des générations différentes composent l'échantillon d'une enquête. Des enquêtes successives peuvent cependant permettre la création de cohortes synthétiques pour accéder à l'analyse longitudinale. C'est le cas des enquêtes OD dans lesquelles, malgré un échantillon différent à chaque enquête, il est possible d'identifier les cohortes et d'en faire un suivi, tout en prenant en compte le fait que ce ne soit pas les mêmes individus qui aient été enquêtés à plusieurs reprises.

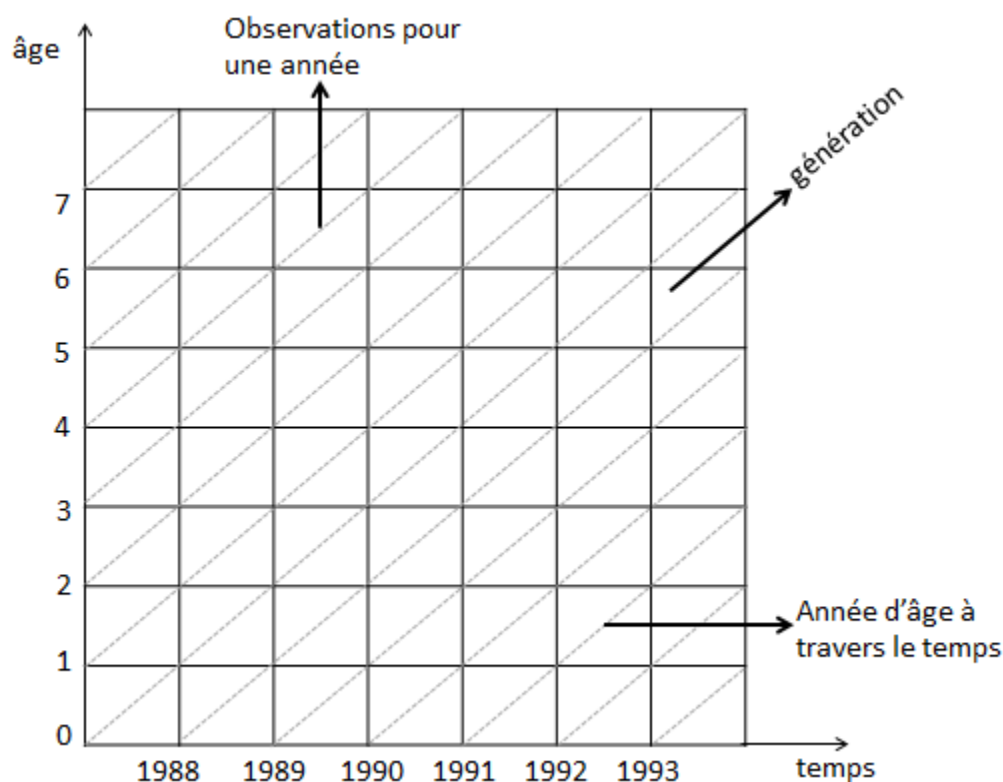


Figure 2-4. Diagramme de Lexis

Le diagramme de Lexis, tel que présenté à la Figure 2-4 permet d'identifier rapidement les groupes d'âge et l'appartenance à une cohorte à un moment donné. Grâce au graphique ci-dessus, on peut visualiser la relation entre les trois dimensions.

### 2.4.2 Méthode d'analyse démographique

La méthode d'analyse démographique vise principalement à identifier des tendances comportementales. L'intérêt de ces méthodes dans le cadre d'une analyse de la mobilité urbaine est évidente: cette mobilité est fortement influencée par les transformations sociales et les modifications des habitudes de vies des individus (Krakutovski, 2004). Également, des phénomènes ponctuels (reconstruction d'un pont, hausse du prix du pétrole) peuvent venir influencer temporairement ces comportements de mobilité. Des ruptures de tendances peuvent justifier pleinement le recours à des techniques démographiques. L'analyse descriptive démographique est pertinente puisqu'elle permet de visualiser les comportements selon les variables d'âge, de période et de cohorte, et ainsi de différencier les tendances des

comportements ponctuels. L'abondance de projections populationnelles et de données achève de positionner l'analyse démographique comme une technique riche en potentiel.

Ce type d'analyse descriptif permet de représenter, sur un même graphique, l'intensité de la variable dépendante, selon le groupe d'âge et la cohorte, ou la période.

*«L'idée fondamentale est de tracer la courbe d'évolution de la variable endogène de la mobilité (par exemple, le nombre de déplacements, les distances parcourues...) suivant l'âge d'individus et de quantifier l'ampleur de déformation de ce profil type causée par des effets de génération et de période.»* (Krakutovski, 2004)

Ainsi, pour les analyses descriptives produites dans le cadre de ce projet, les graphiques auront la forme suivante (Figure 2-5). Sur l'axe des abscisses, on repère l'appartenance au genre et au groupe d'âge. L'axe des ordonnées chiffre l'intensité de la variable dépendante. Chaque courbe colorée représente une cohorte, en trois points (trois enquêtes OD) où son comportement aura été enregistré. Les courbes pointillées relient entre eux les points issus d'une même enquête, ce qui permet de visualiser une courbe-période.

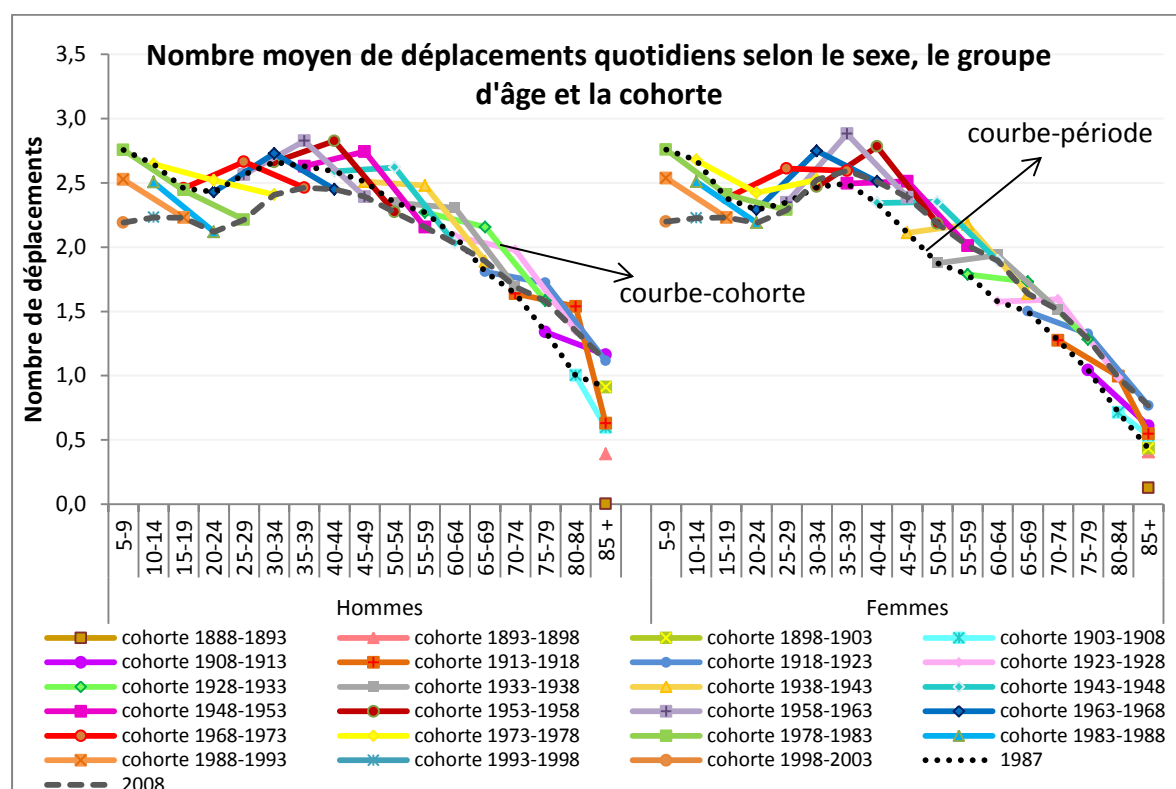


Figure 2-5. Exemple d'analyse descriptive selon la méthode démographique : nombre moyen de déplacements quotidiens selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte

Le graphique utilisé dans l'analyse démographique permet donc de visualiser certains effets d'âge, de cohorte et de période, sans pour autant affecter un poids aux effets.

### **Limitations des analyses démographiques**

La littérature fait largement état d'un problème des méthodes âge-période-cohorte : il s'agit de la colinéarité parfaite entre les trois groupes de variables vu la fonction d'égalité qui les lie.

$$Période = \hat{A}ge + Cohorte$$

«[...] une combinaison de deux de ces trois variables égale nécessairement la troisième selon une relation linéaire. Or, la formulation du modèle APC étant linéaire, la relation à estimer possède la même relation que celle des variables servant à l'estimer ce qui rend l'équation du modèle APC de base redondante, et ses effets difficiles à différencier» (Pépin, 2012). Une connaissance théorique et des observations supplémentaires indépendantes peuvent aider à identifier les effets des groupes de variables (Bodier, 1999; Glenn, 1977), mais en aucun cas les analyses devraient être faites de façon mécanique.

Enfin, une autre limite soulevée en rapport avec les analyses démographiques tient à la constitution de pseudo-cohortes. Les cohortes qui sont suivies à travers le temps sont bien différentes des cohortes créées à partir d'enquêtes ponctuelles. Les pseudo-cohortes, finalement, ne sont pas issues d'un même échantillon qui évolue. Dès lors, il devient plus difficile d'identifier les effets liés à l'âge, à la période et la cohorte de ceux liés aux différences entre échantillon (Grégoire, 2011).

### **2.4.3 Méthode de modélisation**

Deux méthodes de modélisation démographiques sont documentées : la méthode conventionnelle (modèle linéaire généralisé contraint) et la méthode de l'estimateur intrinsèque. Les récents travaux ont démontré qu'il était préférable d'utiliser la méthode de l'estimateur intrinsèque (Grégoire, 2011; Pépin, 2012). Les limites de la première méthode seront brièvement exposées et la seconde méthode sera détaillée afin de comprendre en quoi elle consiste et les raisons de son avantage comparatif.



### **Méthode conventionnelle**

La méthode conventionnelle a d'abord été développée par Mason et al. (1973 et 1985). La relation entre la variable dépendante et les variables indépendantes n'étant pas représentée par une droite, le modèle linéaire généralisé peut pallier le problème et calculer les effets des variables. Cependant, pour décomposer et identifier les effets de ces dernières, l'imposition d'une contrainte d'égalité est nécessaire. On force ainsi les effets de deux variables à être d'égale intensité (Mason, Mason, Winsborough, & Poole, 1973). Par exemple, deux cohortes sont choisies comme équivalentes afin de briser la colinéarité des variables.

Cette méthode comporte cependant des limitations particulières (Glenn, 1977; Yang, Fu, & Land, 2004). D'abord, les variables sur lesquelles la contrainte d'égalité est appliquée sont choisies arbitrairement et ce choix peut entraîner une influence sur la validité des résultats (Grégoire, 2011). De plus, la taille de la matrice importe; c'est-à-dire que le nombre d'observations pour chaque groupe d'âge et chaque cohorte est important. Il est cependant difficile de savoir au-delà de quel seuil la taille de la matrice perd en importance.

### **Méthode estimateur intrinsèque**

L'estimateur intrinsèque a été développé récemment par Fu et Yang (Yang et al., 2004). Les récents travaux de Grégoire (2011) attestent de la supériorité de la méthode de l'estimateur intrinsèque (IE) et c'est donc celle-là qui sera utilisée pendant le processus de modélisation.

Certaines contraintes relatives à la méthode conventionnelle ne sont plus rencontrées, la méthode IE apportant des solutions. La contrainte d'égalité qui devrait être appliquée sur deux variables n'est plus nécessaire; la méthode IE réussit à contourner le problème de colinéarité en forçant les effets des trois variables (Âge, Période et Cohorte) à évaluer zéro une fois sommés. Enfin, la taille de la matrice n'importe plus.

Cependant, deux limitations persistent, et sont communes aux deux méthodes. Si, de prime abord, les effets des variables APC étaient complètement linéaires, on ne sait pas si les changements de comportements potentiels sont dus à un effet seul ou à une combinaison des effets de deux variables. Enfin, et cela reste le problème le plus embêtant lié à la méthode, est que la validité de la fonction additive assumée des effets d'âge, de période et de cohorte n'est pas vérifiable et ne s'applique pas nécessairement sans failles. En effet, on prétend que l'effet d'une cohorte serait le

même peu importe la combinaison âge/période, que l'effet d'un groupe d'âge serait constant peu importe la cohorte/période et finalement, que l'effet période serait le même pour toutes les combinaisons cohortes/âges! (Grégoire, 2011)

## **CHAPITRE 3 MÉTHODOLOGIE**

Afin que le potentiel des méthodes d'analyse et de modélisation démographiques soient comprises adéquatement, la méthodologie générale suivie au long du processus est détaillée. La source principale des données, soit les enquêtes OD et la base de données qui en a été dérivée sont abordées. Les variables explicatives et dépendantes utilisées autant dans le processus de modélisation que dans l'analyse sont présentées selon leur pertinence. Enfin, les procédures de modélisation sont expliquées afin que les indicateurs statistiques et le potentiel des résultats soient compréhensibles.

### **3.1 Source de données**

Les données utilisées dans le projet proviennent des enquêtes OD tenues dans la grande région de Montréal. L'échantillon est constitué en particulier par trois enquêtes : celles de 1987, 1998 et 2008.

#### **3.1.1 Les enquêtes Origine-Destination**

Elles se tiennent dans différentes régions du Québec depuis plus de quarante ans. Les territoires couverts par ces enquêtes peuvent être visualisés grâce à la Figure 3-1. 66% de la population québécoise serait territorialement couverte par de telles enquêtes régionales (MTQ). Dans la grande région de Montréal, les enquêtes Origine-Destinations sont répétées aux cinq ans. Traditionnellement conduites par téléphone, les interviews auprès des ménages permettent de recueillir les informations les plus importantes sur les déplacements des individus.

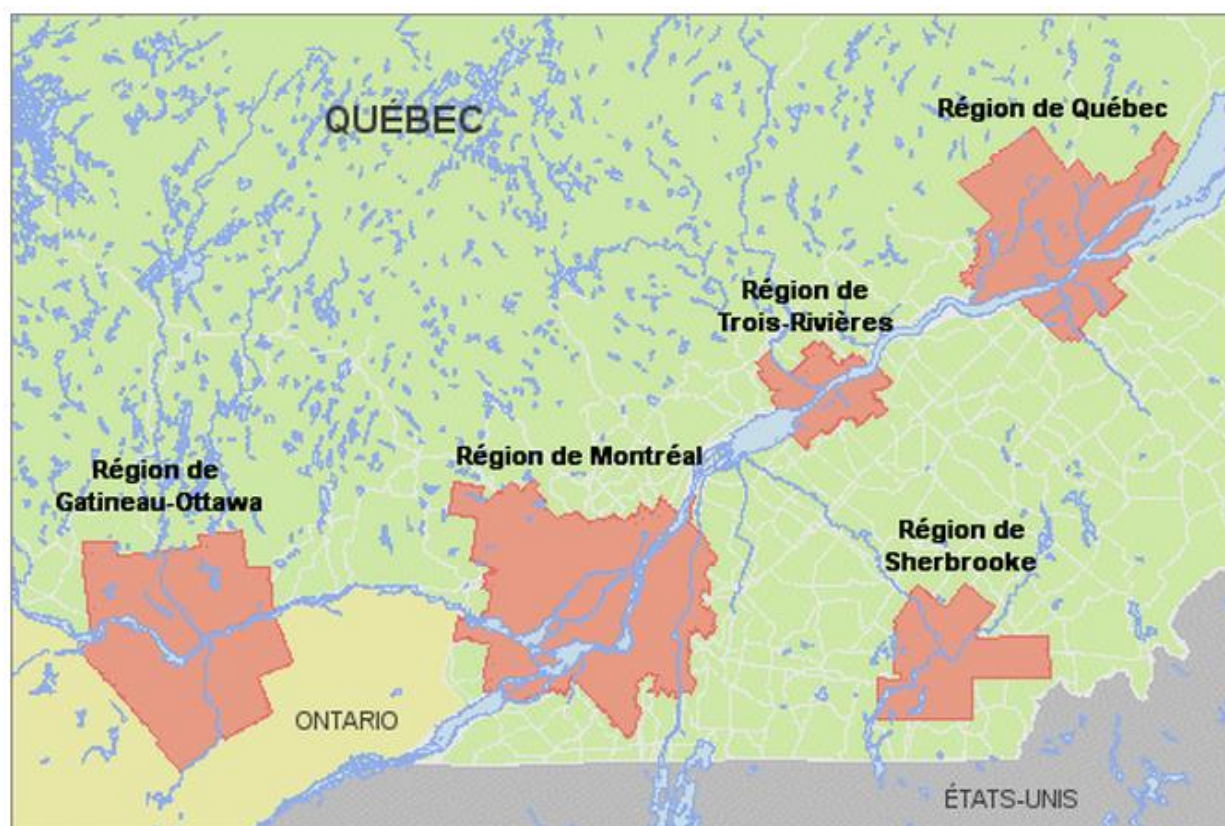


Figure 3-1. Territoires couverts par des enquêtes Origine-Destination

Source : (MTQ)

Au cours des entretiens téléphoniques, les répondants sont invités à décrire les déplacements réalisés la veille de l'interview, pour chacun des membres du ménage. Les motifs de déplacement, le mode utilisé, la localisation du départ et celle de l'arrivée sont, parmi tant d'autres, d'importants attributs qui sont associés à chacun des déplacements. Le répondant indique également les attributs du ménage et les caractéristiques personnelles des membres du ménage, tel que le nombre de voitures possédées par le ménage ou l'âge de chacun des membres. Une phase de validation et de codification suit généralement, ce qui permet la construction de fichiers permettant une analyse de mobilité. Ces fichiers constituent une pierre d'assise pour l'élaboration d'un plan de transport par le Ministère des Transports ou pour l'évaluation des interventions politiques sur la sphère de la mobilité. Ils fournissent également des données de grande valeur pour les organismes publics, le secteur universitaire ou le grand public.

### **3.1.2 L'échantillon utilisé**

L'échantillon de données utilisé pour le projet est issu de trois enquêtes, tenues à des intervalles de dix ans. La particularité de l'enquête de 1993 a motivé le choix de la mettre à l'écart. En raison de la nécessité de conserver un intervalle constant entre les enquêtes utilisées, l'enquête de 2003 a donc été également rejetée. Les enquêtes retenues sont donc celles de 1987, 1998 et 2008; la qualité des données a donc été jugée plus importante que la quantité de données.

Les bases de données relatives à chacune de ces enquêtes sont orientées vers les déplacements; chaque déplacement constitue ainsi une entrée possédant ses propres caractéristiques. Deux bases de données principales ont été mises sur pied dans le cadre du projet de recherche.

La première base de données concerne les individus. La première manipulation exercée sur les données d'enquêtes fut donc de regrouper les déplacements par individu afin de permettre ultérieurement une analyse démographique. Les identifiants de ménages doivent cependant être conservés afin d'attribuer des caractéristiques communes au ménage à chacun des membres. Une fois l'harmonisation des données individuelles complétée, une intégration des données est réalisée pour l'obtention d'une base unique orientée individus. Les individus âgés de moins de 5 ans ne sont pas considérés dans cette base de données puisque leur comportement de mobilité n'est pas recensé.

La difficulté rencontrée lors de la construction d'une base unique provient de la différence des enquêtes. En effet, le caractère évolutif des enquêtes fait en sorte que des questions supplémentaires sont parfois ajoutées à chaque nouvelle enquête et le territoire couvert est de plus en plus grand, tel que démontré à la Figure 3-2.

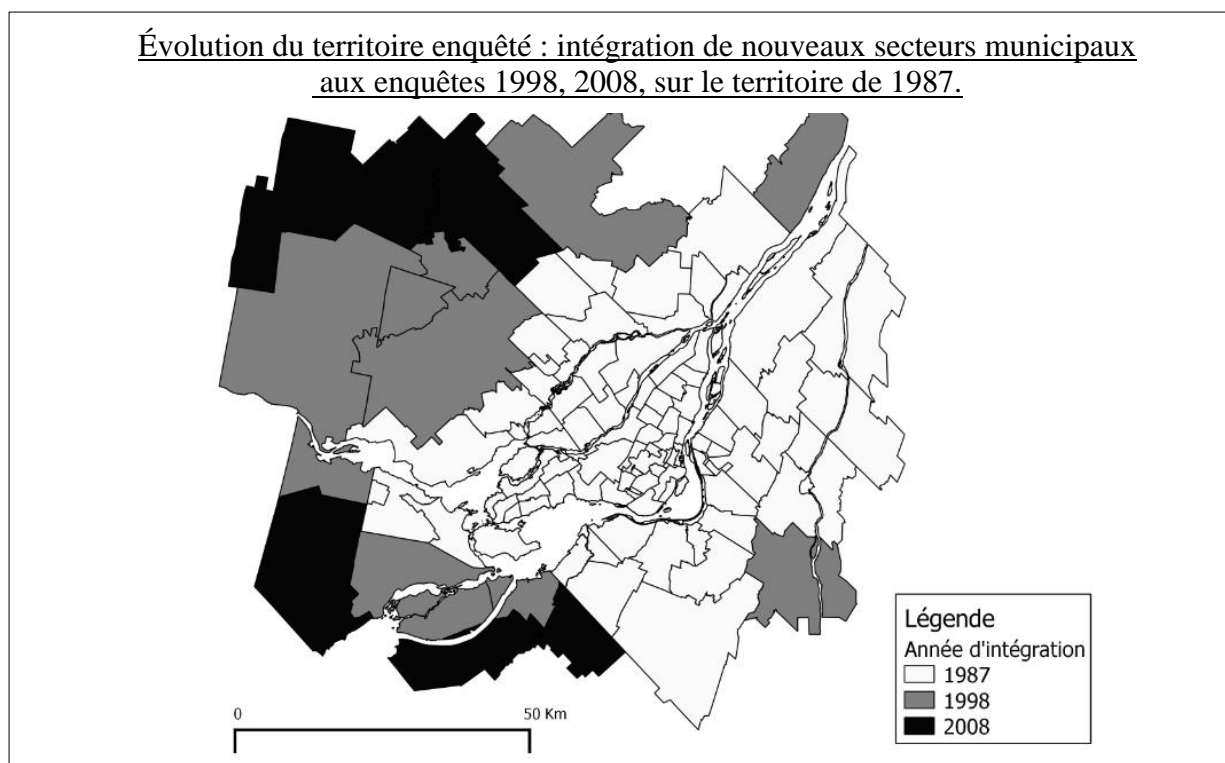


Figure 3-2. Évolution du territoire enquêté de 1987 à 2008

Le dilemme entre territoire constant et territoire évolutif survient donc dans un cadre tel que celui-ci. Alors qu'un territoire constant peut évidemment permettre une meilleure comparaison entre les diverses enquêtes, le choix d'un territoire évolutif permet de capter l'évolution des localisations résidentielles différentes et ses effets sur la mobilité, tout en considérant toutes les données. Dans le cadre de ce projet, dont l'enjeu central est l'identification des tendances, le choix s'est naturellement porté vers le territoire évolutif.

Une évolution dans la nature des questions posées au répondant ainsi qu'une codification également évolutive rend nécessaire un important travail de standardisation des données afin qu'elles soient comparables à travers les enquêtes. Certains attributs n'étaient tout simplement pas notés en 1987 alors qu'ils l'étaient en 2008. De la même façon, certaines variables ont vu leur classe de valeurs se préciser. Dans le premier cas, on peut penser au revenu du ménage ou à la possession du permis de conduire. L'absence de ces renseignements pour l'enquête 1987 force l'abandon de la variable. Dans le deuxième cas, les classes de valeurs s'étant transformées, un

travail de réaffectation de valeurs a dû être effectué pour assurer une qualité de variable constante (par exemple, le motif et la distance de déplacement).

La deuxième base de données utilisée reste orientée vers les déplacements, comme les fichiers originaux. Chaque enregistrement est donc issu d'un déplacement, mais les caractéristiques personnelles de l'individu ayant réalisé le déplacement sont conservées afin de traiter la mobilité par segment de population. Évidemment, toutes les manipulations qui ont dû être exercées pour la constitution et l'harmonisation de la base de données orientée individus restent nécessaires.

### 3.2 Les variables

Trois types de variables se retrouvent dans le projet de recherche, soient les variables comportementales de longue durée, les variables comportementales de courte durée et les variables explicatives. La relation entre ces variables est schématisée à la Figure 3-3. Alors que les variables indépendantes sont des attributs démographiques au niveau individuel, on arrive à prendre en compte le ménage et le voisinage dans lequel évolue l'individu par les variables comportementales de longue durée. Celles-ci résultent d'un choix et elles sont plutôt stables dans l'immédiat. Elles sont en quelques sortes des variables dépendantes, mais sont considérées comme des variables explicatives de la mobilité.

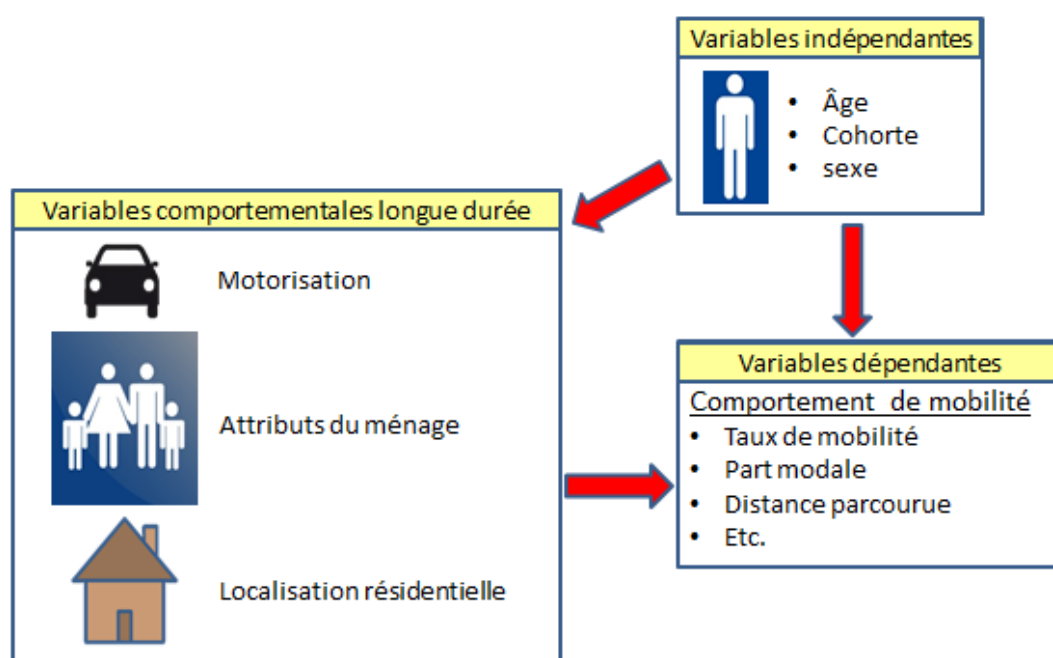


Figure 3-3. Relation entre les types de variables utilisés

### 3.2.1 Variables explicatives démographiques

Les variables purement explicatives ne dépendent en aucun cas de choix individuels et sont des attributs de la personne.

#### Âge

L'âge est incontestablement l'un des attributs individuels affectant le plus le comportement de mobilité. L'âge est un élément incontrôlable, qui vient modifier la vie de l'individu à plusieurs niveaux. Avec l'âge, des changements physiologiques surviennent, des possibilités et des responsabilités légales s'imposent et le stade individuel à travers le cycle de vie évolue. C'est donc les changements induits par l'âge qui peuvent influencer la mobilité et l'importance de ces changements sont différents à chaque âge.

En premier lieu, l'âge influence sur la physiologie de l'individu. La motricité individuelle dépend de l'état de santé, donc indirectement de l'âge. Les comportements de mobilité de l'individu peuvent donc être amenés à évoluer selon les variations de ses capacités physiques. Certains modes de transport prendront ou perdront en attractivité en raison de ces variations. Par exemple, la longueur d'enjambée restreinte chez les jeunes enfants peut rendre la marche difficile, tandis que l'endurance physique déclinante chez les plus âgés peut également décourager d'entreprendre de longues distances à pied (Martel-Poliquin dans (Morency, 2011)). Dans le même ordre d'idée, le vélo perd de son attrait pour certaines classes d'âge vu la force physique demandée. À l'inverse, les jeunes et les adultes sont les individus les plus susceptibles de choisir les modes actifs en raison de leur endurance.

En second lieu, l'âge peut constituer un critère d'admissibilité pour bénéficier de certains privilèges. Le droit de conduire est le privilège le plus évident que l'âge procure. Au Québec, il faut traditionnellement être âgé d'au moins 16 ans pour obtenir ce droit. La détention d'un permis de conduire permet d'accéder au mode auto conducteur (Martel-Poliquin dans (Morency, 2011)). La retraite est également un autre droit auquel l'âge donne accès. Alors qu'il est possible de prendre sa retraite à n'importe quel âge, il faut être âgé de 65 ans au Québec pour avoir droit à sa prestation complète, sans pénalités. L'âge de la retraite amène certainement des besoins de mobilité différents (Krakutovski, 2004).



Finalement, l'âge permet de repérer la phase la plus probable du cycle de vie à laquelle l'individu est arrivé. Le cycle de vie est la succession des grandes étapes de la vie et l'entrée dans une nouvelle étape sous-tend presque assurément des besoins différemment en termes de mobilité. Ainsi, que ce soit l'entrée sur le marché du travail, la fin des études ou l'arrivée d'un premier enfant, une nouvelle étape est synonyme d'une mobilité différente. Cela explique également l'intérêt porté au statut professionnel et aux attributs du ménage dans la littérature. Alors qu'on sait que les étudiants sont les plus susceptibles d'utiliser le transport en commun, les individus en milieu de cycle de vie sont ceux qui ont la mobilité la plus importante (Krakutovski, 2004); Ils sont également ceux qui sont les plus motorisés (Bussière & Madre (2002) dans (Krakutovski, 2004)).

Dans le présent projet de recherche, l'âge est regroupé par tranche de 5 ans pour l'analyse descriptive. Un tel regroupement permet à la fois d'atteindre un nombre d'observations suffisant statistiquement et de limiter l'erreur de déclaration. En effet, les déclarations au cours des entrevues sont souvent arrondies par le répondant. En ce qui concerne l'âge dans le modèle Âge-Période-Cohorte, des regroupements de 10 ans ont été nécessaires afin de respecter la fonction d'égalité entre les trois variables piliers du modèle. Plus précisément, les enquêtes utilisées dans le projet étant distancées de 10 ans, le même intervalle devait être respecté pour les variables d'âge et de cohorte.

## **Cohorte**

La cohorte est par définition un ensemble de personnes ayant vécu un même évènement démographique durant une certaine période (Bourbeau, 2009). L'évènement rassembleur étant, en l'occurrence, la naissance. Le fait d'appartenir à une cohorte particulière suppose donc une similarité dans l'intensité de l'indicateur chez les individus qui la compose. *«Cette correspondance des années de naissance assure un certain vécu «historique» commun à l'ensemble des gens composant ces cohortes. Leur délimitation est une opération arbitraire (Glenn, 1977).»* On pourrait par exemple regrouper les cohortes selon un grand évènement historique : cohortes pré-guerre, cohortes nées pendant la guerre et cohortes post-guerre.

L'analyse descriptive selon les techniques démographiques de la mobilité est basée sur des regroupements de cohortes de 5 années de naissance. Tel qu'énoncé précédemment, le

regroupement permet de limiter l'erreur et d'obtenir des segments de population assez populeux. Pour le modèle, le regroupement des cohortes par 10 années est nécessaire.

### **Période**

Certains phénomènes ponctuels peuvent affecter les comportements. L'effet de la période est donc relatif au contexte social et économique de la société observée. Concrètement, il peut s'agir d'événements particuliers, telle qu'une hausse des tarifs de transport en commun, ou la construction d'un nouveau pont, qui affectera toute la population, donc tous les âges et toutes les cohortes simultanément (Grégoire dans (Morency, 2011); (Pépin, 2012)). Certains auteurs présentent l'idée intéressante selon laquelle l'effet de cohorte ne serait finalement qu'une succession particulière d'effets de période vécus par les individus partageant une même année de naissance (Krakutovski, 2004).

La durée d'une période est donc définie par les dates où les événements se sont produits. Les événements eux-mêmes peuvent être difficiles à circonscrire puisqu'il peut s'agir d'un événement-période à court terme (crise économique) ou à long terme (augmentation du niveau de vie) (Pépin, 2012).

Pour les besoins du projet, les périodes seront les trois années d'enquêtes Origine-Destination. Les années-périodes sont 1987, 1998 et 2008. Afin qu'un intervalle constant de 10 ans entre chaque années-période soit maintenue, l'année 1987 sera considérée comme l'année 1988 selon une proposition amenée dans des travaux précédents (Grégoire, 2011). La fonction d'égalité entre l'âge, la cohorte et la période peut ainsi être respectée dans l'utilisation des données de ces enquêtes.

### **Composition des segments**

La segmentation de la population selon son appartenance aux groupes d'âge et aux cohortes est répétée en double dans le projet. En premier lieu, des groupes d'âge de 5 ans et l'appartenance à un groupe de cohortes sur cinq années ont été attribués à chaque individu selon son âge déclaré et l'année de l'enquête. Ces regroupements plus fins ont surtout servi à l'analyse descriptive (Tableau 3-1).

Tableau 3-1. Suivi des cohortes selon les groupes d'âge (5 ans) et les années d'enquête

Groupe d'âge	Années d'enquête		
	1988	1998	2008
0-4 ans	1983	1993	2003
5-9 ans	1978	1988	1998
10-14 ans	1973	1983	1993
15-19 ans	1968	1978	1988
20-24 ans	1963	1973	1983
25-29 ans	1958	1968	1978
30-34 ans	1953	1963	1973
35-39 ans	1948	1958	1968
40-44 ans	1943	1953	1963
45-49 ans	1938	1948	1958
50-54 ans	1933	1943	1953
55-59 ans	1928	1938	1948
60-64 ans	1923	1933	1943
65-69 ans	1918	1928	1938
70-74 ans	1913	1923	1933
75-79 ans	1908	1918	1928
80-84 ans	1903	1913	1923
85-89 ans	1898	1908	1918
90-94 ans	1893	1903	1913
95-99 ans	1888	1898	1908
100 ans +	1883	1893	1903

À l'étape de la modélisation, les regroupements pour l'âge et les cohortes se sont faits sur des décennies, afin de respecter la fonction d'égalité entre les trois variables, condition absolument nécessaire pour le fonctionnement du modèle (Tableau 3-2).

Tableau 3-2. Suivi des cohortes selon le groupe d'âge (10 ans) et l'année d'enquête

groupe d'âge	Années d'enquête		
	1988	1998	2008
0-9 ans	1988	1998	2008
10-19 ans	1978	1988	1998
20-29 ans	1968	1978	1988
30-39 ans	1958	1968	1978
40-49 ans	1948	1958	1968
50-59 ans	1938	1948	1958
60-69 ans	1928	1938	1948
70-79 ans	1918	1928	1938
80-89 ans	1908	1918	1928
90-99 ans	1898	1908	1918
100 ans +	1888	1898	1908

Grâce au Tableau 3-1 et au Tableau 3-2, on peut repérer facilement comment les cohortes et les groupes d'âges ont été constitués selon l'âge de l'individu au moment de l'enquête. Malgré la nature transversale des enquêtes, on remarque que le suivi de cohortes synthétiques est possible (cases colorées de la même couleur) au fil des années d'enquête.

### 3.2.2 Variables comportementales

On dit des variables comportementales de longue durée qu'elles sont *comportementales*, puisqu'elles ne sont pas indépendantes de la volonté de l'individu, mais résultent bien d'un choix que ce dernier a exercé. Le comportement issu de ce choix est de longue durée, ne peut pas être modifié dans l'immédiat. Dans le cadre d'un projet de modélisation de la demande, ce type de variables pourrait à la fois être indépendant et dépendant, selon le modèle pratiqué (explicatif ou prédictif).

#### Variables de ménage

##### *Motorisation*

La motorisation est reconnue pour son influence positive sur une mobilité en voiture plus importante que chez les individus non motorisés. Bien que la motorisation ait des effets sur la mobilité, certaines autres variables influencent la possession automobile. Le stade du cycle de vie, la localisation résidentielle et l'offre de transport qui lui est liée, par exemple, influencera

l'individu dans son choix de se motoriser ou non. L'effet de la motorisation seul sur la mobilité peut donc être difficile à cerner puisque celle-ci n'est indépendante d'autres variables. De plus, il n'est pas nécessairement simple de prévoir les niveaux de motorisation futurs; ainsi cette caractéristique introduit aussi de l'incertitude, par le biais des hypothèses posées, dans un modèle prévisionnel.

Dans le cadre d'un modèle explicatif, tel que recherché par le projet, la motorisation en tant qu'attribut a été envisagé au niveau du ménage. Le niveau de motorisation est issu de deux composantes : le nombre de voitures déclarées par le ménage et le nombre de personnes âgées de 16 ans et plus au sein du même ménage. Puisque le permis de conduire n'a pas été déclaré de manière constante à travers les enquêtes utilisées, le nombre de conducteurs potentiels vivant dans un ménage dépend ici uniquement de l'âge. Le nombre d'auto est divisé par le nombre de conducteurs potentiels afin de référer à un niveau de motorisation. Le niveau *auto-suffisant* indique que chaque conducteur potentiel a accès à une voiture. Le niveau *auto-négociée* signifie que le ménage est motorisé, mais qu'il n'y a pas suffisamment de voitures pour que chaque conducteur potentiel puisse en utiliser une simultanément. Finalement, le niveau *sans-auto* est synonyme d'un ménage qui ne possède aucune voiture.

Contrairement à la méthode utilisée par le MTQ, le niveau de motorisation individuel ainsi dérivé ne tient pas compte de l'utilisation de la voiture pour chacun des individus au cours de la journée d'enquête. Les variables utilisées dans ce projet caractérisent plutôt le potentiel d'accès à une voiture au niveau du ménage.

### *Taille du ménage*

La taille du ménage et la mobilité quotidienne sont fortement liés, surtout lorsqu'on observe plus particulièrement les ménages familiaux. Par exemple, une taille de deux membres serait synonyme d'un plus petit nombre de chaînes de déplacements, au-delà de trois membres, le nombre de chaînes tend à augmenter.

### *Nombre d'enfants*

La taille n'est pas explicite quant à la composition du ménage et plusieurs types de ménages différents peuvent être observés pour une même taille. Des variables ont donc été dérivées pour caractériser la présence d'enfants, que l'on reconnaît pour influencer fortement la mobilité

(Rashidi et al., 2010). Pour chaque ménage, le nombre d'enfants de 15 et moins a été comptabilisé.

### *Nombre d'enfants selon leur âge ou leur scolarité*

Les besoins de mobilité d'un enfant dépendent de son âge et selon cet âge, l'enfant peut être en mesure de combler lui-même ses besoins. En effet, si l'enfant est assez âgé, les parents sont plus enclins à le laisser marcher pour son trajet vers l'école (Pépin, 2012). Ainsi, le nombre d'enfants comme variable explicative pourrait être trop général. Des variables plus précises ont donc été créées afin d'identifier combien d'enfants par groupe d'âge ou par niveau scolaire (vecteur important dans le développement de l'enfant) vivent dans chaque ménage.

La catégorisation selon l'âge a permis la création de trois variables soit le nombre d'enfants de 0-4 ans, le nombre d'enfants de 5-9 ans et le nombre d'enfants de 10-14 ans. La catégorisation selon le niveau scolaire a également permis la création de trois variables basées sur l'âge de l'enfant et l'âge normal à chacune des années scolaires (sans échec). Sont incluses dans le projet les variables du nombre d'enfants de niveau préscolaire, le nombre d'enfants de niveau primaire (de 5 ans à 12 ans) et le nombre d'enfants de niveau secondaire (de 13 ans à 15 ans). On considère que les individus de 16 ans et plus ne sont plus des enfants.

Il a été ardu de délimiter à quel âge un enfant est assez vieux pour répondre lui-même à ses besoins en termes de mobilité, donc l'âge auquel il est indépendant. On peut attribuer l'âge d'indépendance à plusieurs moments ponctuels : à l'entrée au secondaire, au premier emploi, à l'âge majeur, ou à l'âge de l'indépendance théorique en termes de mobilité, soit 16 ans, l'âge minimal pour l'obtention du permis de conduire. C'est ce dernier événement qui a été retenu pour définir l'indépendance.

## **Variables de localisation résidentielle**

### *Région de résidence*

Une variable assez générale a été créée afin de prendre en compte la région de résidence du ménage et donc de l'individu. Il existe évidemment des différences en matière d'offre de transport selon la localisation de résidence. Comme un très grand nombre de municipalités ou de secteurs municipaux, quoique disponibles, est très difficile à utiliser pour une analyse descriptive

ou une modélisation, les localisations résidentielles ont été agrégées en quatre régions principales : soit l'île de Montréal, Laval, la Rive-Nord et la Rive-Sud. Le choix de quatre régions est fondé sur les contraintes géographiques et la qualité de l'offre de transport perçue, notamment l'accessibilité régionale au réseau de métro. Les contraintes géographiques, telles que le fleuve et les rivières, sont les contraintes qui découpent naturellement le territoire en quatre régions. Ces contraintes obligent les déplacements à se concentrer sur des ponts ou dans des tunnels, et peuvent donc être une cause de congestion. L'accès au réseau de métro peut toutefois permettre à certains d'éviter les ralentissements, et ainsi réduire l'impact des contraintes géographiques.

#### *Distance au centre-ville*

Dans le cadre de la grande région métropolitaine de Montréal, la distance au centre-ville est une variable pertinente vu la forme quasi-radioconcentrique du développement urbain. Le centre-ville de Montréal a une importance relative plus importante que les autres lieux en termes de destination. Cependant, la création de *power center* et de nouveaux noyaux urbains pendant la dernière décennie vient transformer la forme urbaine de la région métropolitaine et réduit l'influence de la distance au centre-ville sur la mobilité ((Martel-Poliquin, 2012). L'émergence de nouveaux pôles attractifs en termes d'emplois et de magasinage implique que l'utilisation de cet indicateur devrait se faire avec précautions. En effet, les pôles secondaires peuvent venir relativiser la primauté du centre-ville montréalais. La distance au centre-ville est euclidienne.

#### *Densité*

La densité peut refléter le milieu de vie de l'individu partiellement et donner une indication sur l'offre potentielle de transport associée à la localisation résidentielle. La densité, notamment en raison de sa corrélation avec l'offre de transport et de lieux d'activités, influence certainement le choix du mode de transport. Un milieu très dense évoque souvent un milieu plus attrayant pour la marche ou pour le vélo, moins centré sur l'automobile, mais également plus riche en opportunités de transport collectif. On remarque d'ailleurs que les parts modales pour les modes actifs chez les individus résidant dans des zones à densité élevée sont plus élevées que chez les individus vivant dans des zones à faible densité (Martel-Poliquin, 2012; Srinivasan, 2001).

Des classes de densité ont été élaborées afin de faciliter l'interprétation de l'effet d'une classe de densité particulière. Les classes de densité créées ont tenu compte de travaux précédents (Martel-Poliquin, 2012; Pépin, 2012). Dans les travaux de Pépin, six classes de densité avaient été expérimentées, telles que décrite à l'encadré du Tableau 3-3. Les classes de densités étaient attribuées aux secteurs de recensement. Des seuils de densité se démarquaient : 4 500 personnes/km<sup>2</sup> à 7 500 personnes/km<sup>2</sup> et de 7 500 personnes/km<sup>2</sup> à 10 500 personnes/km<sup>2</sup>. L'auteur suggérait cependant d'accroître le nombre de classes dans le chapitre des limites et perspectives liées à son projet.

Tableau 3-3. Classes de densité expérimentées par Pépin (2012)

Densité 1 : moins de 1 500 personnes/km <sup>2</sup>
Densité 2 : entre 1 500 à 4 500 personnes/km <sup>2</sup>
Densité 3 : 4 500 pers à 7 500 personnes/km <sup>2</sup>
Densité 4 : 7 500 personnes à 10 500 personnes/km <sup>2</sup>
Densité 5 : 10 500 personnes à 13 500 personnes/km <sup>2</sup>
Densité 6 : plus de 13 000 personnes/km <sup>2</sup>

Dans les travaux de Martel-Poliquin (2012), la densité était plutôt établie selon un rayon de 500m autour de la localisation résidentielle. Dans son projet, la densité venait permettre la création de *clusters* et des classes n'étaient pas à proprement parler définies. Des seuils de densité qui paraissent avoir une influence sur le choix modal peuvent être visualisés à la Figure 3-4 grâce à ses travaux.



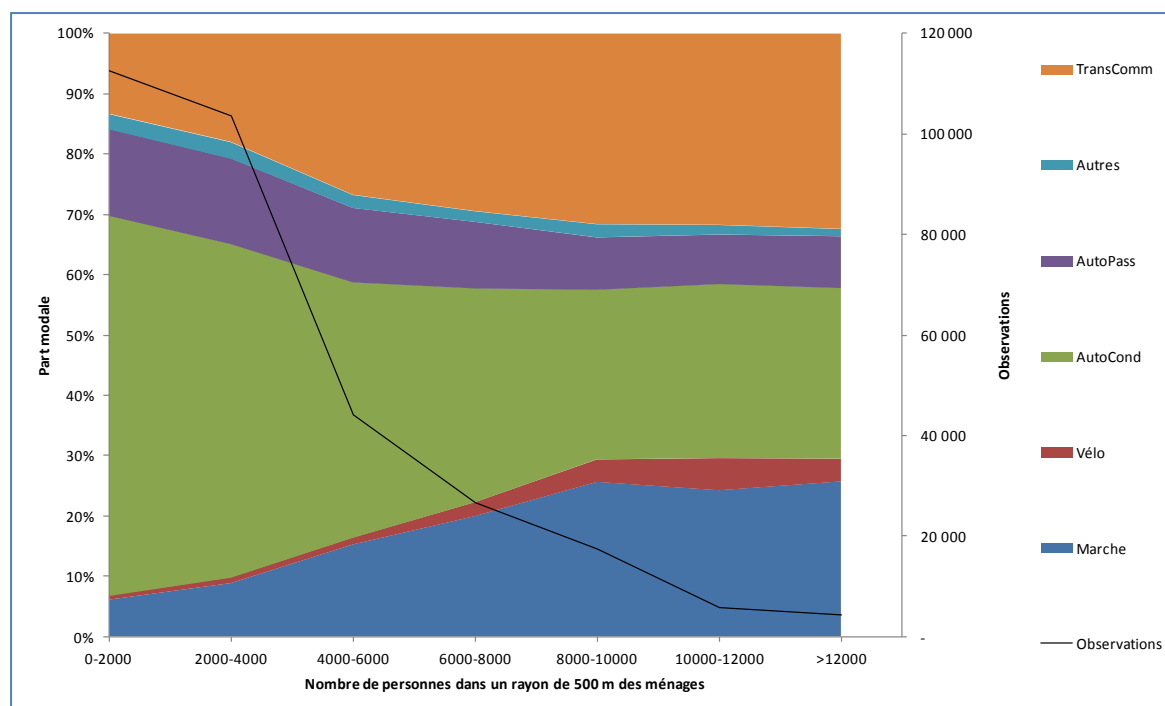


Figure 3-4. Relation entre la densité de population et la répartition modale (Enquête Origine-Destination de Montréal 2008) ((Martel-Poliquin, 2012)p 88)

L'auteur établit le seuil où il ne semble plus y avoir de transfert modal à 7 000 personnes/km<sup>2</sup> (dans un rayon de 500m).

Suite à la prise en compte de ces travaux, un choix de 10 classes a été fait :

1. plus de 14 000 personnes/km<sup>2</sup>
2. entre 12 000 et 14 000
3. entre 10 500 et 12 000 personnes/km<sup>2</sup>
4. entre 9 000 et 10 500 personnes/km<sup>2</sup>
5. entre 7500 et 9000 personnes/km<sup>2</sup>
6. entre 6 000 et 7500 personnes/km<sup>2</sup>
7. entre 4 500 et 6000 personnes/km<sup>2</sup>
8. entre 3 000 à 4 500 personnes/km<sup>2</sup>
9. entre 1 000 et 3000 personnes/km<sup>2</sup>
10. moins de 1 000 personnes/km<sup>2</sup>

Plusieurs étapes ont été nécessaires pour calculer la densité de la localisation résidentielle des individus, étant donné que les données fournies par Statistique Canada ne respectent pas des unités territoriales constantes. Les localisations ont d'abord été jumelées avec les secteurs de recensement de 2006 (les seuls qui couvrent tout le territoire enquêté). Le choix d'un découpage particulier à une année s'est avéré nécessaire puisque le découpage utilisé dans les recensements

n'est pas constant d'enquête en enquête. À l'extérieur de l'agglomération de Montréal, les localisations résidentielles ont été jumelées avec les subdivisions de recensement de 2006. Les effectifs de populations de chaque unité territoriale ont été calculés directement avec les données des enquêtes Origine-Destination. En effet, les facteurs de pondération permettent de reconstituer de façon satisfaisante les populations. Les superficies des unités géographiques sont quant à elles calculées grâce à un outil de système d'informations géographiques (QGIS). Enfin, une validation des densités calculées a été faite pour les densités calculées de 2008 et de 1998 grâce à la disponibilité des données de densité disponible via Statistique Canada. L'indisponibilité des données pour 1987 ne permettait malheureusement la même comparaison.

On remarque sur la Figure 3-5 et sur la Figure 3-6 que les densités calculées sont en général assez proches des densités officielles.

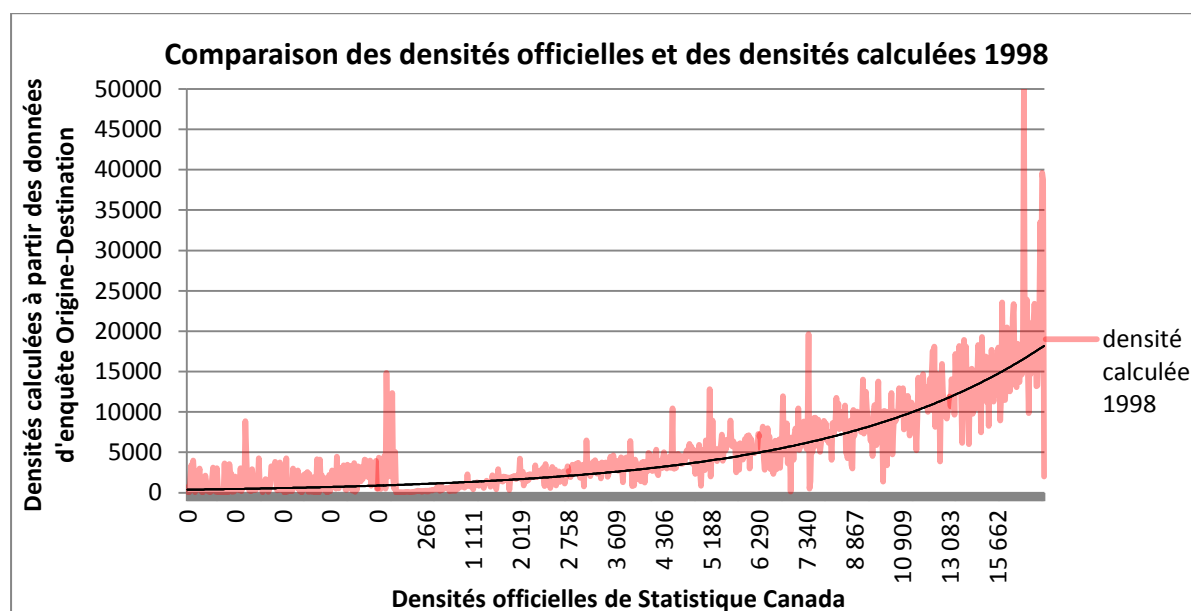


Figure 3-5. Comparaison des densités officielles et des densités calculées 1998

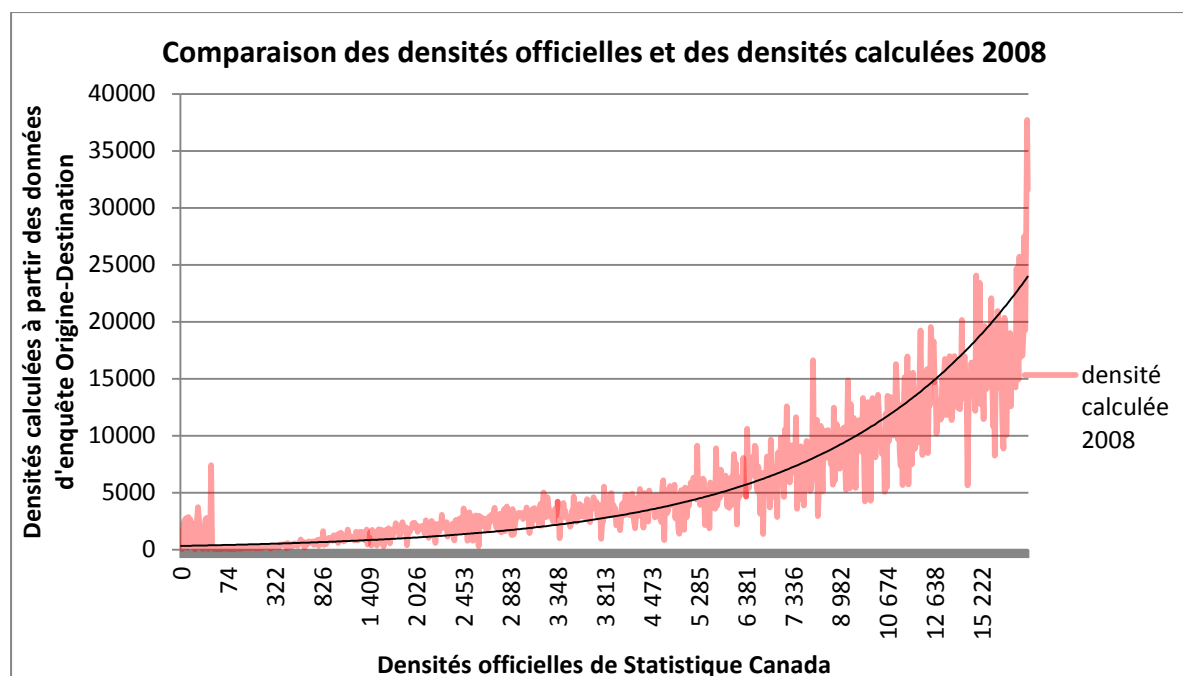


Figure 3-6. Comparaison des densités officielles et des densités calculées 2008

#### *Station de métro*

La présence d'une station de métro à proximité d'une localisation résidentielle témoigne d'une offre de transport particulière et est donc très pertinente à intégrer comme variable explicative dans une étude de la mobilité. Pour prendre un compte la présence d'une station, des recoupements géographiques pour chaque enquête ont été exercés. Ainsi, le réseau de métro à l'état de 1987, de 1998 et de 2008 a été respecté. Des aires circulaires de 500 et de 1000 mètres de rayon ont été délimitées autour des résidences des répondants pour évaluer la présence d'une station.

Le choix d'un rayon de 500 et de 1000 mètres est arbitraire, mais a été inspiré par d'autres travaux (Joly et al., 2009; Martel-Poliquin, 2012). Une telle distance, euclidienne de surcroît, paraît respecter les seuils d'acceptabilité comme distance d'accès à des infrastructures lourdes de transport. Ces distances seuils sont souvent évaluées à 750 m ou 1 km, en distance réseau et reflètent ce que la plupart acceptent de marcher pour accéder au système souterrain. Les travaux de Monrency, Trépanier et Demers (2011) démontrent que la moyenne des déplacements utilisant les transports en commun et qui ont pour origine et pour destination des points situés sur l'île de Montréal génèrent en moyenne 1250 pas (Monrency, Trépanier, & Demers, 2011). Les auteurs

comparent cette quantité de pas à une distance de 1 km chez un individu âgé entre 15 et 64 ans. Bien qu'il existe des différences au niveau des capacités physiques qui pourraient encourager certains individus à réaliser davantage de pas pour accéder au système public de transport, il sera ici considéré qu'une distance d'accès de 1000 m euclidiens répond à l'objectif qui est de refléter l'accès à l'offre de transport.

### *Gare de train*

La présence d'une station de train à proximité du lieu de résidence ajoute à l'offre de transport en commun dans l'environnement de l'individu et est susceptible de venir influencer sa mobilité quotidienne. La méthodologie pour prendre en compte la présence d'une offre de train est très similaire à celle qui a été appliquée dans le cas du métro. Des recoupements géographiques pour chaque enquête ont été exercés afin de refléter le réseau aux dates indiquées. Différentes aires circulaires ont été utilisées, qui seront testées dans le modèle. Ces aires correspondent à des rayons de 1000 m, 2500 m et 5000 m autour des lieux de résidence.

Le choix de la longueur des rayons des aires circulaires définissant l'offre de transport ferroviaire a été inspiré par les travaux de Morency, Trépanier et Demers (2011). Les auteurs démontrent que les individus empruntant le train lors d'un déplacement parcourent de plus grandes distance à la marche pendant leur déplacement. Ces observations révéleraient que les gens sont en général plus enclins à parcourir de plus longues distances pour accéder à des infrastructures lourdes de transport. Alors que la moyenne de pas parcourus lors d'un déplacement en transport en commun est de 1250 pas, la moyenne lorsqu'on considère uniquement le ferroviaire est de 2000 pas (Morency et al., 2011)

Une des spécificités du mode ferroviaire est cependant l'étendue comparative du bassin de population susceptible d'être utilisatrice en rapport avec les autres modes publics. La disponibilité de places de stationnement pour voiture est souvent abondante, repoussant les limites de la «proximité» au-delà d'une simple distance dite raisonnable à la marche. C'est la raison pour laquelle un rayon de 5000 m autour des résidences sera également testé comme variable caractérisant l'accès à cette offre de transport.

Finalement, l'abondance de variables explicatives justifie la reprise abrégée de ces variables et leur appartenance à une catégorie de variables dans le Tableau 3-4.

Tableau 3-4. Catégories de variables explicatives, variables et type de variables

Variables		
Catégories de variables	Variables	Type de variables
Démographiques	Âge	chaque groupe d'âge : binaire
	Cohorte	chaque groupe de cohortes : binaire
	Période	binaire
	Sexe	binaire
Motorisation	Selon le type  <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Sans-auto</i></li> <li>• <i>Auto-négociée</i></li> <li>• <i>Auto-suffisant</i></li> </ul>	binares
Ménage	Taille en nombre d'individus	continue
	Taille du ménage	chaque taille : binaire
	Présence d'enfants	binaire
	Nombre d'enfants	continue
	Nombre d'enfants par groupe scolaire <ul style="list-style-type: none"> <li>• Préscolaire</li> <li>• Primaire</li> <li>• Secondaire</li> </ul>	continue
	Nombre d'enfants par groupe d'âge <ul style="list-style-type: none"> <li>• De 0 à 5 ans</li> <li>• De 5 ans à 10 ans</li> <li>• De 10 ans à 15 ans</li> </ul>	continue

Tableau 3-4. Catégories de variables explicatives, variables et type de variables (suite)

Variables		
Catégories de variables	Variables	Type de variables
Localisation	Grande région de résidence <ul style="list-style-type: none"> <li>• Montréal</li> <li>• Laval</li> <li>• Rive-Nord</li> <li>• Rive-Sud</li> </ul>	binaire
	Densité	continue
	Densité par classe	binaire
	Distance au centre-ville	continue
Offre de transport	Présence d'une station de métro (rayon 500m)	binaire
	Présence d'une station de métro (rayon 1000m)	binaire
	Présence d'une gare de train (rayon 1000m)	binaire
	Présence d'une gare de train (rayon 2500m)	binaire
	Présence d'une gare de train (rayon de 5km)	binaire

Il aurait pu être extrêmement intéressant de s'attarder davantage aux variables caractérisant l'offre de transport dans l'environnement immédiat du lieu de résidence de l'individu; cependant, le manque de données historiques n'a malheureusement pas pu permettre l'exercice. Des variables très intéressantes pour caractériser le voisinage et l'offre de transport sont soulignées par plusieurs auteurs (Ewing & Cervero, 2001, 2010; Martel-Poliquin, 2012; Srinivasan, 2001).

### 3.2.3 Variables comportementales de courte durée

Les variables comportementales de courte durée sont des variables dépendantes et sont influencées par les attributs indépendants de la volonté de l'individu et par les variables comportementales de longue durée. Dans le cadre d'une analyse sur la mobilité, la variable comportementale de courte durée se traduira ainsi par un indicateur de mobilité.

## **Non-mobilité**

Le pourcentage de personnes non-mobiles fait état de la proportion des individus ne s'étant pas déplacés lors du jour de déplacement enquêté sur l'ensemble des individus enquêtés. Cet indicateur est intéressant puisque le fait de ne pas se déplacer caractérise tout de même une forme de mobilité. En outre, il pourrait potentiellement laisser transparaître de nouvelles tendances sociales, tel que le travail à la maison, le magasinage en ligne, les études à distance ou le retour au foyer des mères. Pour arriver à cette proportion, il suffit de faire la somme des facteurs d'expansion des individus n'ayant réalisé aucun déplacement sur la somme totale des facteurs d'expansion (de tous les individus).

## **Nombre moyen de déplacements quotidiens**

Le nombre moyen de déplacements quotidiens est également appelé taux de mobilité. Il s'obtient en calculant la somme de déplacements effectués pour une population et en divisant cette somme par le nombre d'individus composant cette population. Dans le projet, la nécessité de prendre en compte les facteurs d'expansion a influencé l'adaptation de la méthode, où finalement chaque déplacement a été multiplié par le facteur d'expansion de l'individu qui le réalisait, avant d'être sommé avec les autres déplacements. La population était également calculée sur la base des poids attribués à chacun.

## **Nombre moyen de chaînes de déplacements**

Le nombre de chaînes de déplacements réfère au nombre de boucles de déplacements où l'individu se déplace d'une origine à une seule ou plusieurs destinations, pour revenir à son origine de départ (le domicile). Les chaînes sont intéressantes à étudier puisqu'elles sont moins soumises aux erreurs de déclarations de la part des répondants. Le nombre de chaînes est issue d'une typologie développée dans des travaux précédents (Valiquette, 2010) et les données ont été traitées pour assigner aux déplacements un type de chaîne d'appartenance dans le cadre d'autres projets menés pour le MTQ. Pour obtenir un nombre moyen de chaînes, il suffit de multiplier, pour chaque individu, son facteur d'expansion avec le nombre de chaînes effectuées, puis de diviser la somme de ces multiplications par la somme des facteurs d'expansion.

## Part modale

La part modale indique la proportion ramenée en pourcentage d'un mode de transport sur l'ensemble des déplacements réalisés. On peut donc parler de part modale globale, pour une population pour un certain mode, ou pour une sous-population.

La part modale se calcule à partir de la base de données de déplacements. Il s'agit donc de sommer tous les facteurs d'expansion associés aux déplacements effectués par un mode sur l'ensemble composé de la somme des facteurs d'expansion des déplacements concernés, puis de le multiplier par 100 afin d'avoir une part modale en pourcentage.

Ce type d'indicateur a été utilisé dans le projet afin de vérifier deux tendances annoncées soit la prise en importance du mode auto dans les déplacements *études* et l'intérêt grandissant alloué au transport en commun pour la réalisation des déplacements *travail*. L'un des indicateurs sera donc spécifiquement la part modale auto des déplacements *études*. La proportion est donc celle des déplacements faits en auto pour motif *études* sur l'ensemble des déplacements faits pour motif *études*. L'autre indicateur traduira la proportion des déplacements effectués en transport en commun (TC) pour motif *travail* sur l'ensemble des déplacements faits pour ce même motif.

## 3.3 Modélisation

La modélisation est un processus long et rigoureux et nécessite plusieurs étapes. Nous verrons rapidement quels sont les prérequis concernant les données pour un bon fonctionnement de la modélisation. L'analyse de la performance d'un modèle requiert une certaine connaissance statistique et du processus d'intégration de variables. Cette connaissance a été grandement acquise suite à la lecture des travaux de Grégoire (2011), Pépin (2012) et de Yang (2004).

### 3.3.1 Manipulations pour le module de STATA

La base de données utilisée pour la phase d'analyse présente quelques différences avec celle utilisée pour la modélisation. D'abord, les facteurs d'expansion originaux, soit le *facteur personne*, ne sont pas tolérés dans le module utilisé parce qu'il contient des décimales. Or, le module admet seulement les nombres entiers relatifs positifs. Les facteurs d'expansion (*facteur personne*) ont donc été multipliés par 100 afin de régler le problème, ce qui crée néanmoins une très grosse population pondérée.



En second lieu, la plupart des variables ont dû être transformées en variables binaires. En effet, une variable non binaire pourrait porter le module à interpréter incorrectement la variable, puisque certaines valeurs peuvent être deux fois plus grandes que d'autres variables. Par exemple, la valeur 2 attribuée au sexe féminin en comparaison avec la valeur de 1 attribué aux hommes ne signifie pas que le sexe féminin est deux fois plus important. Toutes les variables qui pouvaient être binaires ont donc été transformées en ce sens pour le bon fonctionnement du module (taille, sexe, motorisation, classes de densité, etc.).

### **Spécificité selon la nature de la variable dépendante**

Le module `apc_ie` de STATA requiert que l'on spécifie le type de variable dépendante modélisée, selon le fait que cette dernière soit continue, discrète ou représente un choix discret, ainsi que la distribution et le lien canonique de cette variable. Selon la possibilité composée par ces trois attributs de la variable, les paramètres d'échelle correspondants doivent être utilisés et déclarés (Grégoire, 2011; Pépin, 2012; Yang et al., 2004). La pondération qui doit être utilisée dépend plutôt de la base de données. Dans le cas de l'utilisation de l'enquête Origine-Destination, il est justifié d'utiliser le poids d'échantillonnage et que la variable utilisée pour indiquer le poids soit le facteur d'expansion individuel (`sampling weight`).

Un exemple de commande pour la modélisation Âge-Période-Cohorte selon le module `apc_ie` de Stata est présenté ici :

```
apc_ie variabledépendante [fweight (type de pondération) = facteur_expansion_individuel],  
family(distribution) (type de distribution de la variable dépendante) link(lien canonique)(Type de lien  
canonique impliqué par la variable dépendante) age(variable de groupe d'âge) period(variable de  
période) cohort(variable de groupe de cohortes) scale(paramètres d'échelle)(paramètre d'échelle  
correspondant à la variable dépendante) irls(type d'itérations)
```

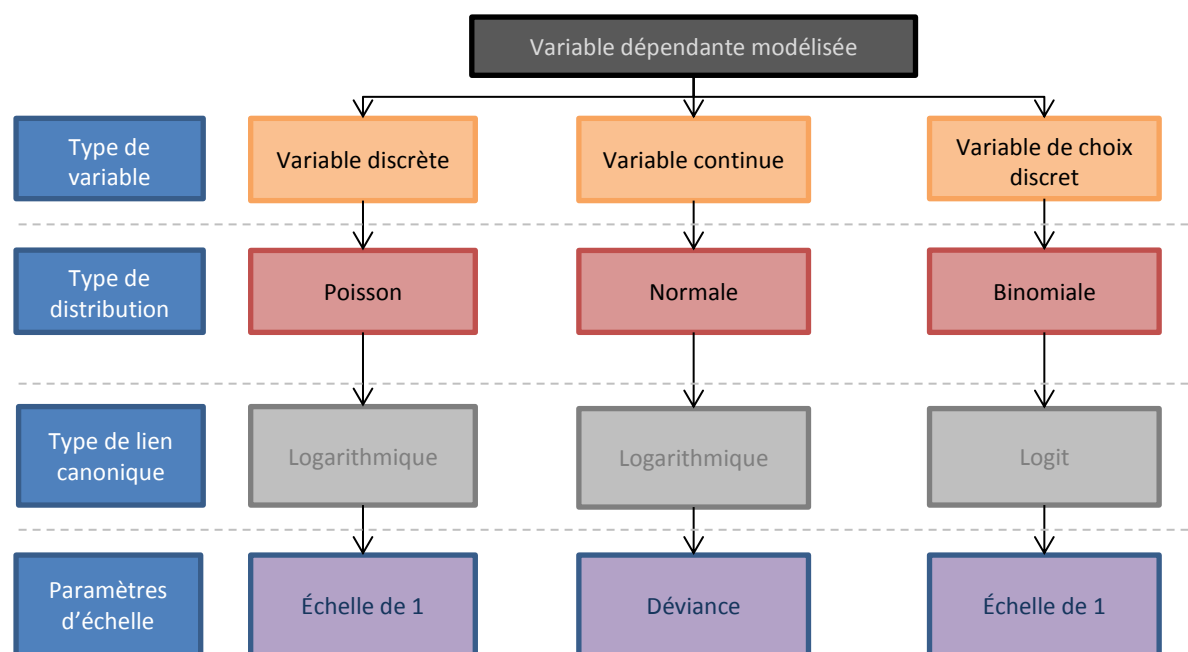


Figure 3-7. Correspondance entre variable dépendante, distribution, lien canonique et paramètres d'échelle (inspiré de (Grégoire, 2011; Pépin, 2012)).

### 3.3.2 Modélisation de référence

Le modèle de référence, lorsque des techniques démographiques sont appliquées, vise à utiliser uniquement les variables de l'âge, de la cohorte et de la période. Par le processus de décomposition des effets expliqué dans la section 2.4.3, des coefficients sont attribués à chaque groupe d'âge de 10 ans, à chaque groupe de cohortes de 10 ans et à chaque année (période). Ces coefficients attribués à chaque groupe de valeurs décomposés de la variable plutôt qu'à la variable elle-même permet une bien meilleure interprétation des effets de ces variables démographiques. On comprend, par exemple, que plus le groupe d'âge d'appartenance d'un individu est vieux, plus forte est la probabilité que cet individu soit non-mobile. En effet, le Tableau 3-5 démontre que les coefficients associés aux groupes d'âge plus avancés sont positifs et importants.

Tableau 3-5. Extrait partiel des spécifications fournies par le modèle de la proportion de non-mobiles

	Classes de variables	Nombre d'observation réelle: 432 980			
		variables	coefficient	z	P> z
		Constante	-0,9777	-1763,3200	0,0000
Variables démographiques	Âge	groupe d'âge de 0-9 ans	-1,0625	-1255,9300	0,0000
		groupe d'âge de 10-19 ans	-1,0683	-1785,6900	0,0000
		groupe d'âge de 20-29 ans	-0,3877	-871,3900	0,0000
		groupe d'âge de 30-39 ans	-0,3722	-1013,6400	0,0000
		groupe d'âge de 40-49 ans	-0,4045	-1207,1900	0,0000
		groupe d'âge de 50-59 ans	-0,1299	-356,1300	0,0000
		groupe d'âge de 60-69 ans	0,3023	688,2500	0,0000
		groupe d'âge de 70-79 ans	0,5709	1039,9700	0,0000
		groupe d'âge de 80-89 ans	0,9886	1381,3200	0,0000
		groupe d'âge de 90-99 ans	1,5633	1112,0200	0,0000
	Période	Période 1988	-0,0795	-408,8300	0,0000
		Période 1998	-0,0188	-154,9900	0,0000
		Période 2008	0,0983	516,0300	0,0000
	Cohorte	cohorte 1898	1,1774	303,9100	0,0000
		cohorte 1908	0,6772	491,0600	0,0000
		cohorte 1918	0,3429	331,7700	0,0000
		cohorte 1928	0,1219	139,5600	0,0000
		cohorte 1938	0,0566	76,7500	0,0000
		cohorte 1948	-0,1137	-186,2800	0,0000
		cohorte 1958	-0,2652	-547,0300	0,0000
		cohorte 1968	-0,3383	-913,9400	0,0000
		cohorte 1978	-0,3766	-1212,7700	0,0000
		cohorte 1988	-0,2893	-917,8900	0,0000
		cohorte 1998	-0,3991	-828,7800	0,0000
		cohorte 2008	-0,5939	-588,5200	0,0000

### 3.3.3 Indicateurs statistiques

Des indicateurs statistiques estimés par le modèle (exemple en Tableau 3-5) attestent de la performance du modèle et des différentes variables intégrées. Les variables de référence figurent aux tableaux des résultats fournis par les différents modèles pour faciliter la compréhension des résultats et rappeler quel autre attribut peut caractériser un individu/déplacement. Les variables de référence sont celles qui ne sont pas intégrées dans la formulation du modèle et dont les coefficients ne sont pas estimés.

Une revue de la signification des indicateurs statistiques est appropriée.

La déviance permet d'évaluer la vraisemblance du modèle et atteste de la variabilité des résultats autour d'une vraisemblance parfaite. Elle est une bonne alternative à l'évaluation de la

performance d'un modèle par la somme des résidus au carré (méthode du chi carré de Pearson). Dans le cadre du projet, la déviance est souvent l'indicateur statistique utilisé pour comparer la performance entre plusieurs modèles. Son ordre de grandeur est artificiellement gonflé par les facteurs d'expansion individuels multipliés par cent appliqués aux observations.

L'équation de la déviance est la suivante (Grégoire, 2011):

$$\text{Déviance brute} = -2\ln\left(\frac{Lm}{LF}\right)$$

La composante  $Lm$  traduit la vraisemblance du modèle estimé, alors que  $Lf$  traduit celle du modèle parfait. Parce que la déviance est affectée par le nombre de regroupements, une formule respectant le nombre de degrés de liberté doit être utilisée :

$$1\left(\frac{1}{df}\right) * \text{déviance brute}$$

L'indicateur  $P > z$  permet d'évaluer la significativité de la variable explicative considérée en rejetant ou non l'hypothèse nulle. L'hypothèse nulle dans ce cas est que la variable indépendante n'a pas d'effet. Si l'intensité de l'indicateur est plus petite que 0.05, l'hypothèse nulle peut être rejetée, puisque les probabilités que l'hypothèse soit vérifiable sont de 5%. Lorsque les variables sont non-significatives selon l'indicateur  $P > z$ , elles sont retirées de la formulation du modèle et le modèle est estimé à nouveau.

L'indicateur  $Z$  renseigne également sur l'influence de la variable explicative en comparant son influence probable à 0. Si l'intensité de l'indicateur pour la variable est différente de 0, on considère qu'elle apporte significativement une influence dans la prédiction de la variable dépendante.

Les coefficients résument la probabilité que la variable explicative influence la constante si elle est rencontrée. Ils peuvent servir, en outre, à recalculer une variable dépendante modélisée ou peuvent servir à calculer des probabilités dans le cas d'une variable dépendante binomiale.

Calculer une probabilité :

$$P(y) = \frac{1}{(1 + \exp(-(constante + age_i * c_i + période_i * c_i + cohorte_i * c_i)))}$$

Reconstituer la variable dépendante :

$$Y = \exp(constante + age_i * c_i + période_i * c_i + cohorte_i * c_i)$$

### 3.3.4 Amélioration du modèle

L'amélioration du modèle de référence passe par l'intégration de variables explicatives supplémentaires. L'ajout de ces variables sera pertinent si la déviance du modèle est atténuée. Choisir les variables à intégrer nécessite évidemment une bonne connaissance de la variable modélisée. Cette connaissance s'acquiert grâce à la revue de littérature et à l'analyse descriptive démographique préalablement effectuées. C'est donc au stade de l'amélioration du modèle que les variables de ménage et de voisinage sont introduites. Tel qu'illustré dans la Figure 3-3, ces deux types de variables se déclinent en plusieurs variables explicatives.

Il arrive souvent pendant le processus d'amélioration du modèle d'être forcé de choisir entre plusieurs variables qui caractérisent un aspect similaire de l'individu ou du déplacement. Ce choix évite l'insertion de variables trop fortement corrélées entre elles. Par exemple, pour caractériser le milieu résidentiel de l'individu, on peut utiliser la distance au centre-ville et la densité du secteur de recensement de la résidence. Or, ces deux variables explicatives sont fortement corrélées. Une matrice de corrélation permet d'identifier les cas de fortes corrélations entre variables explicatives, ainsi que les meilleures corrélations entre les variables explicatives et la variable dépendante.

### 3.3.5 Visualisation des effets APC

Les coefficients estimés par le modèle tel que présenté dans le Tableau 3-5 peuvent être visualisés sous forme de courbe dans un graphique (Figure 3-8) afin d'en faciliter l'interprétation et de permettre l'identification de tendances.

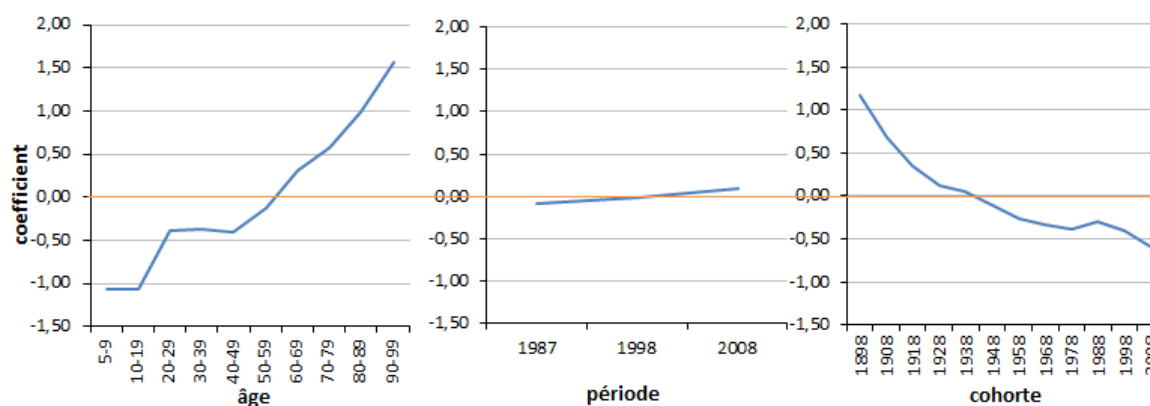


Figure 3-8. Coefficients APC estimés pour la proportion de non-mobiles

Les coefficients estimés indiquent le sens et l'intensité que la variable indépendante a sur la variable dépendante. Plus la courbe s'éloigne de 0, plus la valeur de la variable a un effet important. Alors que l'âge et la cohorte, dans l'exemple de la Figure 3-8 ont des effets forts, la période a des effets plus faibles, puisque plus rapprochés de 0.

Les effets d'âge et de cohorte se reflètent la plupart du temps dans le cadre du projet, puisque les cohortes sont composées de peu d'observations ponctuelles en raison de l'utilisation de seulement trois enquêtes Origine-Destination. Ainsi, les cohortes plus anciennes sont formées par des individus très âgés, et inversement, les cohortes les plus récentes par des individus plus jeunes. Par exemple, la cohorte 2008 est peuplée par des individus de 5-9 ans uniquement, mais des observations basées sur des 5-9 ans sont également disponibles pour les cohortes 1998 et 1987. L'effet d'âge des 5-9 ans prend donc en compte les comportements observés des trois cohortes enquêtées. Lorsque les effets se différencient entre les groupes d'âge et les cohortes correspondantes, il est pertinent de s'attarder sur ces différences puisqu'elles peuvent renseigner sur certains phénomènes. On peut ainsi identifier des tendances ou comportements types chez des cohortes spécifiques. Enfin, les tendances émergentes et déclinantes touchant l'ensemble de la population peuvent être repérer grâce aux effets de période.

### **3.3.6 Validation de la modélisation**

La validation du modèle s'effectue différemment si la variable dépendante est une variable discrète ou continue. Dans le cas d'une variable discrète, la formule du modèle permettra d'obtenir une probabilité que le comportement soit rencontré. Dix simulations de nombre quasi aléatoires sont ensuite acheminées dans Excel et le comportement est attribué lorsque le nombre aléatoire est inférieur ou de valeur égale à celle de la probabilité établie. Une proportion individuelle est enfin calculée selon la moyenne des dix simulations.

La validation du modèle requiert plusieurs étapes. D'abord, l'étude de la distribution des probabilités selon l'âge, la cohorte, la période et l'appartenance à un secteur municipal renseigne sur l'absence potentielle de variables explicatives qui bénéficieraient au modèle. Les concentrations de probabilités de moins de 5% et de plus de 80% sont intéressantes puisqu'elles sont des probabilités se situant aux extrémités des possibilités. Ces seuils sont fixés arbitrairement en considération de travaux antérieurs (Pépin, 2012). Les concentrations de

probabilités de 40% à 60% (de presque 50%) aident à identifier les segments où le modèle n'arrive pas à expliquer le phénomène. En effet, si le modèle établit une probabilité de 50%, un modèle aléatoire est à peu près également performant (dans le cas où la variable modélisée peut prendre deux valeurs), le modèle développé perd donc en pertinence. L'ajout de variables peut aider à réduire les proportions de probabilités de 50%. La distribution géographique des probabilités peut aussi contribuer à dévoiler des problèmes d'hétéroscédasticité.

Finalement, on compare les proportions observées et les proportions modélisées afin d'apprécier les écarts et situer la réussite du modèle. La présentation de courbes-cohortes et de courbes-périodes, telles qu'utilisées dans l'analyse descriptive (exemple en la Figure 2-5) est particulièrement de mise puisqu'elle facilite les comparaisons.

Lorsque le modèle explique une variable continue, la variable est recalculée grâce aux coefficients estimés par le modèle. Pour réaliser le processus de validation, l'écart entre la valeur observée et la valeur modélisée doit être relativisé afin que les écarts soient comparables entre eux. Une distribution des écarts relatifs assez centrée sur la valeur nulle permet d'obtenir un modèle intéressant.

Enfin, il convient de comparer les valeurs observées et les valeurs modélisées, sous la forme de courbes-cohortes et de courbes-périodes préférablement, pour établir la précision du modèle à expliquer le comportement de mobilité.

## CHAPITRE 4 ANALYSE DESCRIPTIVE

### 4.1 Description démographique de l'échantillon

La population constituée par l'enquête Origine-Destination est bien évidemment pondérée afin de reconstruire le plus fidèlement possible la population qu'elle représente. Nous verrons d'abord l'échantillon selon les cohortes et les groupes d'âge, afin de s'assurer d'une taille suffisante pour chaque segment de population représenté. L'influence de la pondération sur les effectifs enquêtés et de la façon dont cette pondération peut permettre de constituer une population synthétique satisfaisante est ensuite présentée. Nous situerons cet échantillon au sein de la population recensée pour le même territoire et au sein de la population québécoise pour faire ressortir les principales différences et similitudes.

#### 4.1.1 Le nombre d'observations

Le nombre d'observations par segment de population importe puisque la validité d'un phénomène remarqué en dépend. En effet, si un phénomène ou une tendance est remarqué sur un grand ensemble de personnes, il est plus facile à valider que s'il est basé sur un très petit échantillon. Les petits échantillons peuvent apporter des problèmes dans la variabilité des résultats.

Lorsque des segments de population sont trop peu peuplés, on peut pratiquer une agrégation pour atteindre un nombre seuil plus satisfaisant statistiquement. La Figure 4-1 présente le nombre d'observations non pondérées selon l'âge et la cohorte, et vient justifier l'agrégation des classes d'âge de plus de 85 ans.



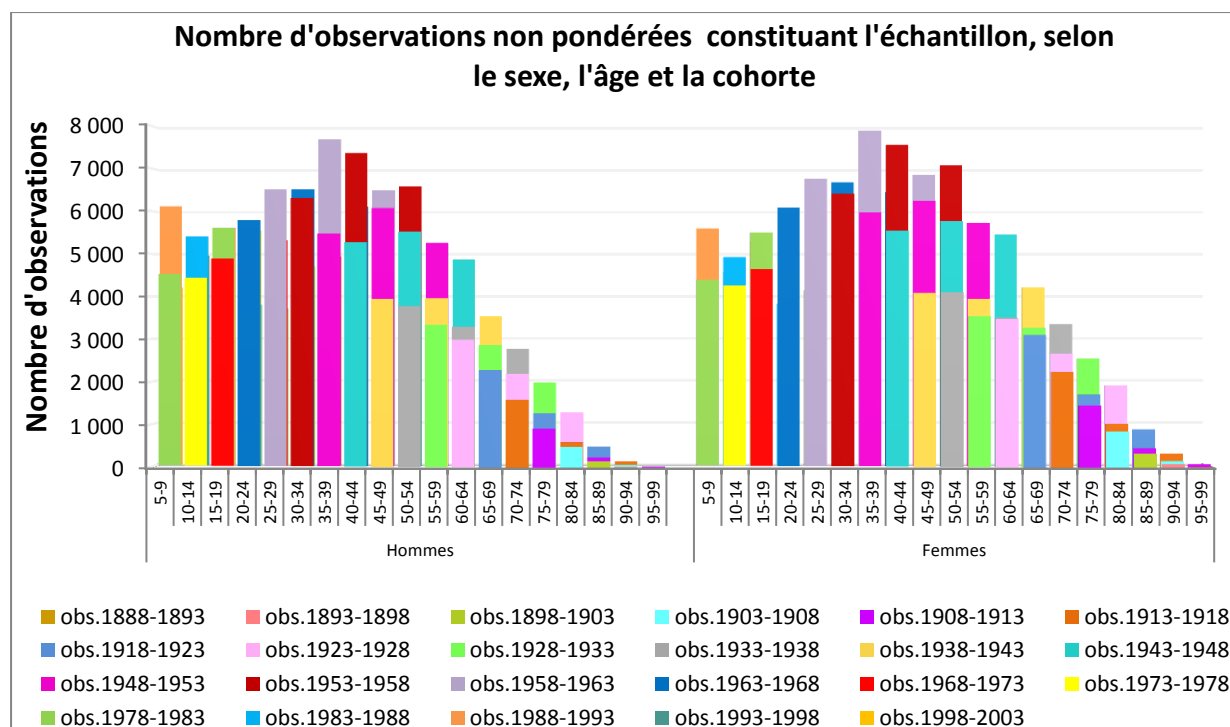


Figure 4-1. Nombre d'observations selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte

On remarque dans la Figure 4-1 que les segments de population composés par les cohortes les plus anciennes et les groupes d'âge les plus vieux contiennent très peu d'observations. Les individus d'une même cohorte ayant 85 ans et plus ont donc été regroupés pour l'analyse descriptive de la mobilité.

#### 4.1.2 La pondération selon les enquêtes

La pondération sert à équilibrer la population échantillonnée par rapport à la population de référence. Sur la Figure 4-2, on peut visualiser la différence entre le nombre de personnes enquêtées et le nombre de personnes une fois la pondération appliquée.

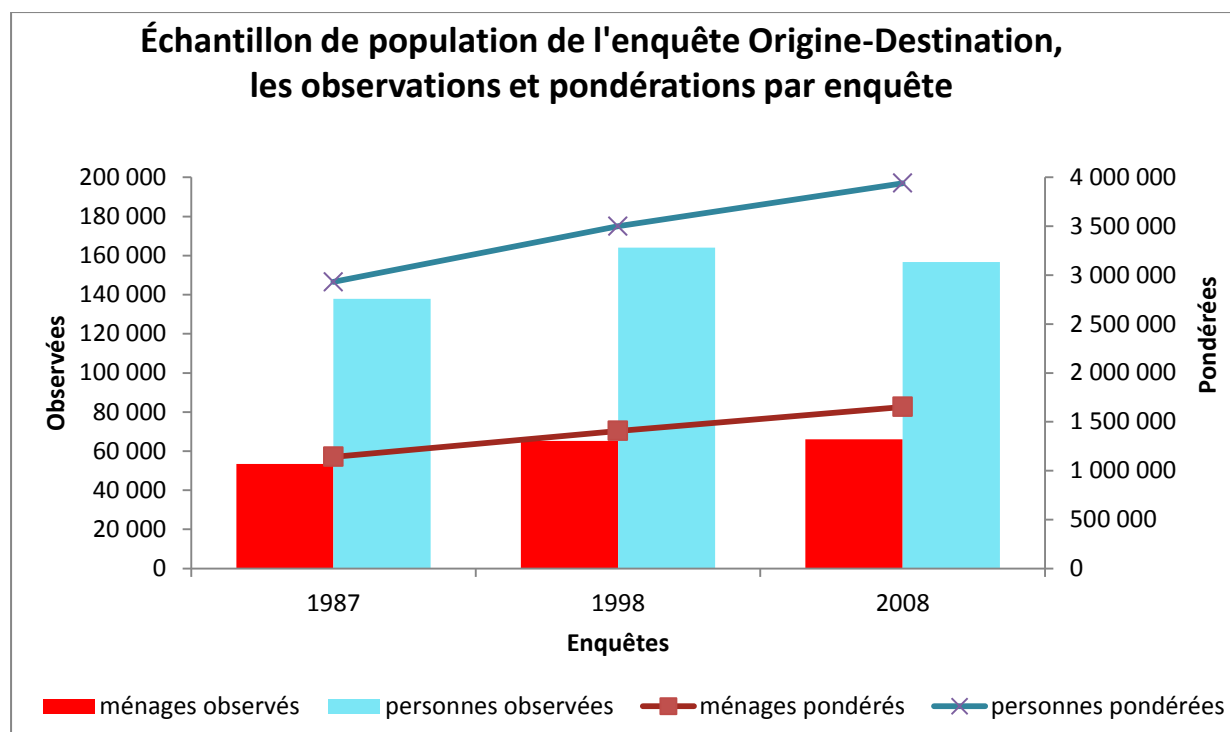


Figure 4-2. Échantillon de l'Enquête Origine-Destination : pondération et observation

Entre 1987 et 2008, on remarque une augmentation globale de la population, qui pourrait être attribuable à la fois à l'évolution du territoire enquêté et à une augmentation en effectifs de la population.

Alors que la relation entre le nombre de personnes observées et le nombre de personnes pondérées reste plutôt stable à travers les enquêtes, on observe un écart grandissant entre le nombre de ménages observés et le nombre de ménages pondérés. De plus, l'écart entre la courbe du nombre de personnes pondérées avec celle du nombre de ménages pondérés s'accroît. Le nombre de ménages augmenterait plus rapidement que le nombre de personnes, ce qui laisse présumer que les ménages sont de plus en plus petits en taille, et qu'une plus grande part des ménages sont composés d'une seule personne. Cela pourrait être attribuable, si l'on se fie à la littérature, au vieillissement de la population (où plus d'individus vivent seuls) et au retardement de l'âge auquel les ménages familiaux se forment.

### 4.1.3 Comparaison de l'échantillon à la population de référence

La population échantillonnée est pondérée et rajustée selon les données issues du recensement canadien le plus récent à la date de l'enquête. Ainsi, l'échantillon de l'enquête Origine-Destination de 1987 est pondéré sur la population recensée de 1986, l'échantillon de 1998 est pondéré selon le recensement de 1996 et celui de l'enquête tenue en 2008 est pondéré sur les bases du recensement de 2006. Afin de valider globalement la population obtenue de la pondération des échantillons des enquêtes Origine-Destination, une comparaison de celle-ci avec celle recensée par groupe d'âge et par sexe est présentée à la Figure 4-3.

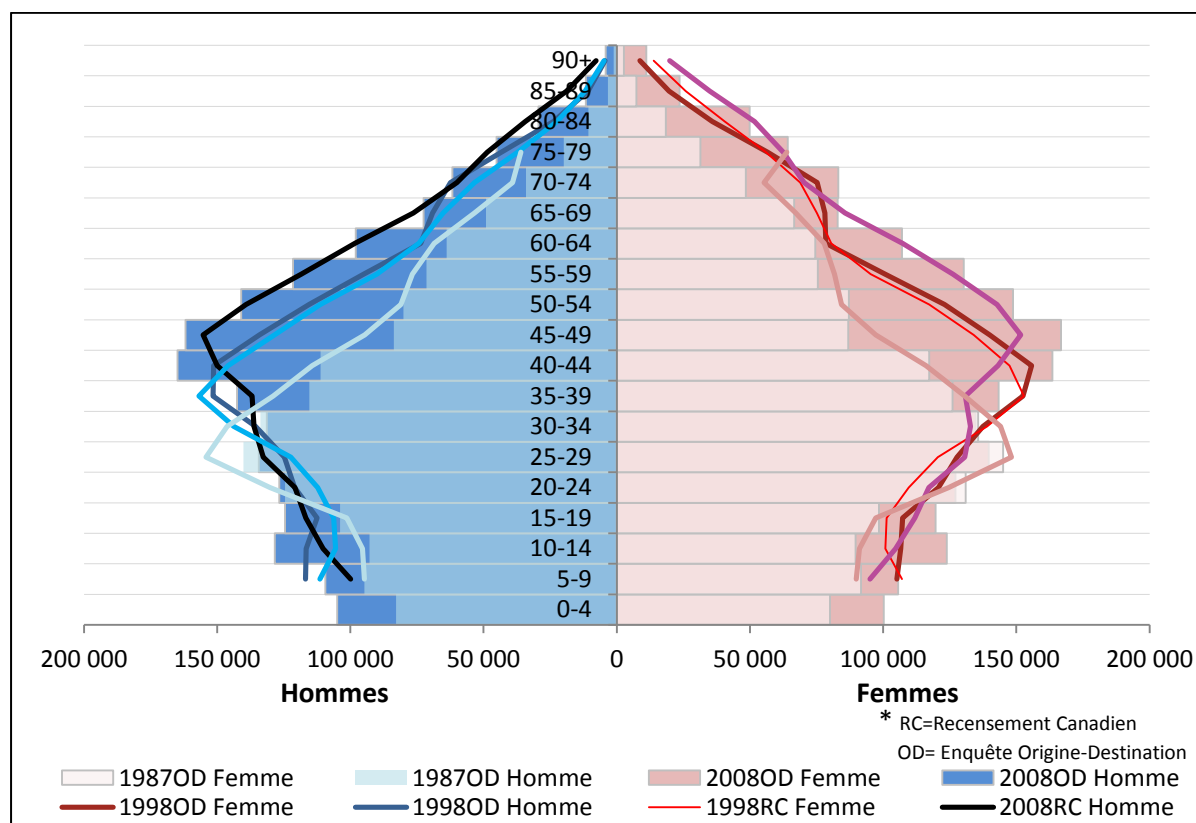


Figure 4-3. Évolution de la structure de la population selon l'âge et le sexe : comparaison entre les populations recensées et les échantillons de population pondérée par enquête Origine-Destination.

On remarque que l'ensemble des courbes suivent globalement les mêmes tendances et sont donc essentiellement similaires. Chaque courbe de population issue d'une enquête suit assez fidèlement sa courbe de population recensée correspondante pour la même année.

On constate que les groupes d'âge les plus peuplés en 1986-1987 sont ceux de 25-35 ans, et ils se retrouvent dans les enquêtes et recensements subséquents aux âges de 40 à 50 ans. Il est facile de visualiser la part que prennent les groupes d'âges avancés dans la structure globale de la population et cela démontre clairement le vieillissement de la population de la région métropolitaine. Enfin, peu importe l'enquête, il y a davantage de femmes dans les groupes d'âge avancés que d'hommes. Le vieillissement de la population serait donc majoritairement porté par la population féminine.

La comparaison des populations mises sur pied par la pondération des données des enquêtes Origine-Destination et de celles issues des recensements semble assez semblable pour chaque année d'enquête, ce qui vient valider la pondération effectuée.

## **4.2 Analyse descriptive des tendances sociodémographiques**

Les comportements et tendances dont la littérature fait état méritent d'être vérifiés brièvement. Leur existence pourrait, en outre, être validée sur certains segments de la population seulement. Le vieillissement de la population sur le territoire, l'étalement urbain et la motorisation seront trois composantes de l'évolution de la population sur lesquelles une analyse descriptive sommaire sera pratiquée. Comprendre ces phénomènes pourrait faciliter l'analyse de la mobilité et l'interprétation des modèles.

### **4.2.1 Vieillissement de la population : considérations spatiales**

La Figure 4-4 permet de voir que la proportion de personnes âgées de 65 ans et plus sur l'ensemble de la population est élevée particulièrement sur l'île de Montréal et dans les banlieues proches. Les secteurs municipaux situés au Nord de la région enquêtée ont également des proportions de personnes âgées très élevées. Il est intéressant d'évaluer la variation de la proportion de la population âgée de 65 ans et plus entre 1987 et 2008 pour les secteurs étudiés lors de l'enquête 1987. On remarque que c'est dans les banlieues proches que les plus grandes augmentations des proportions de personnes âgées sont remarquées. Les observations et les hypothèses émises par la littérature seraient donc en partie vérifiées ici; les personnes âgées restent chez eux malgré leur vieillissement. Ce serait dans ce cas le passage des individus dans les

groupes d'âges avancés qui constituerait la cause de l'augmentation en proportion des personnes âgées au sein de la population plutôt que le déménagement de personnes âgées dans les banlieues.

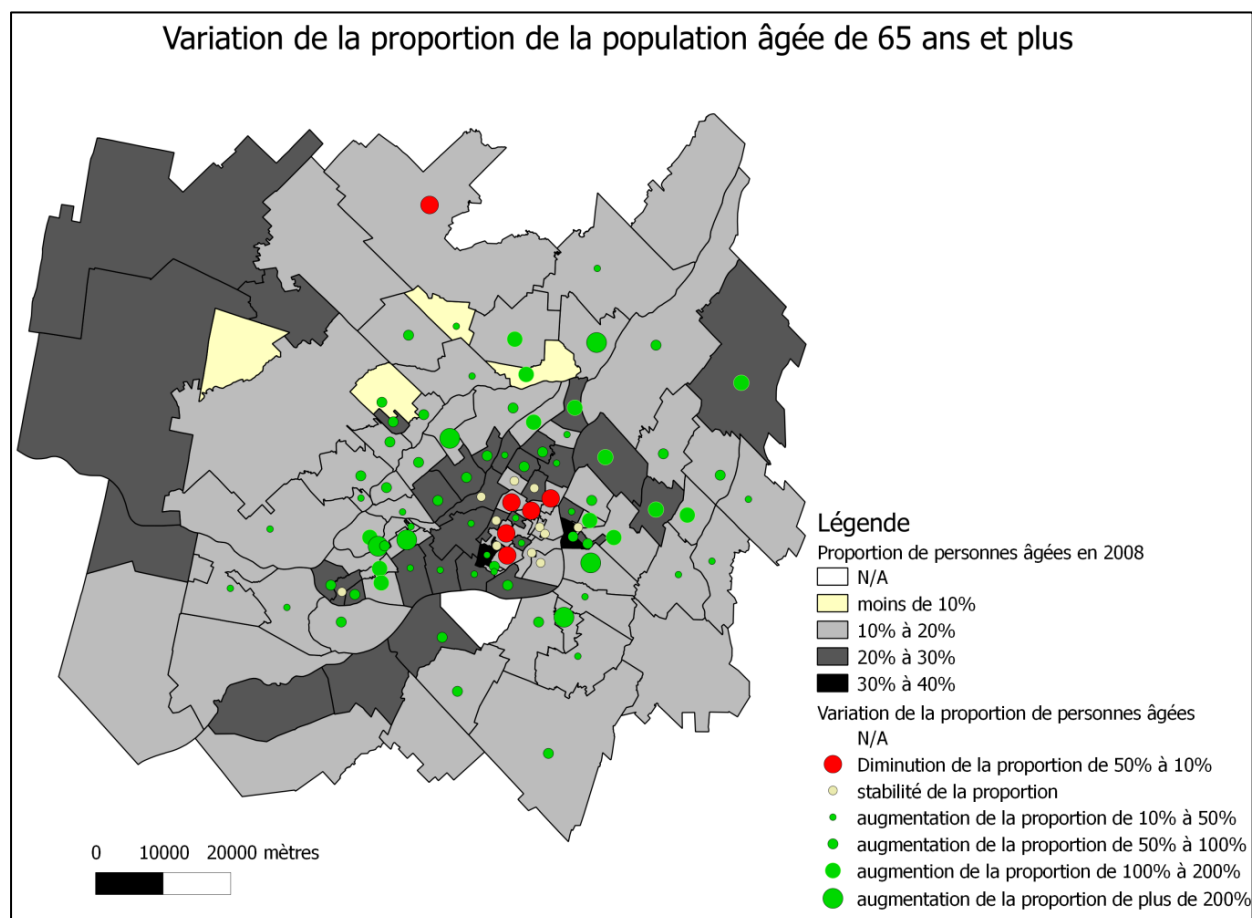


Figure 4-4. Variation de la proportion de la population âgée de 65 ans et plus de 1987 à 2008

Inversement, on assiste en toute logique à une diminution des proportions de population issue des autres groupes d'âge face à la prise en importance du groupe des 65 ans et plus. Sur la Figure 4-5, il est possible d'établir que ce sont généralement les mêmes secteurs qui connaissent à la fois une augmentation de la proportion des personnes âgées et une diminution de la proportion des personnes de 15 ans et moins sur les deux dernières décennies.

La figure ci-dessus permet également de rendre compte que les plus fortes proportions de jeunes sont rencontrées dans les couronnes pour la période 2008.

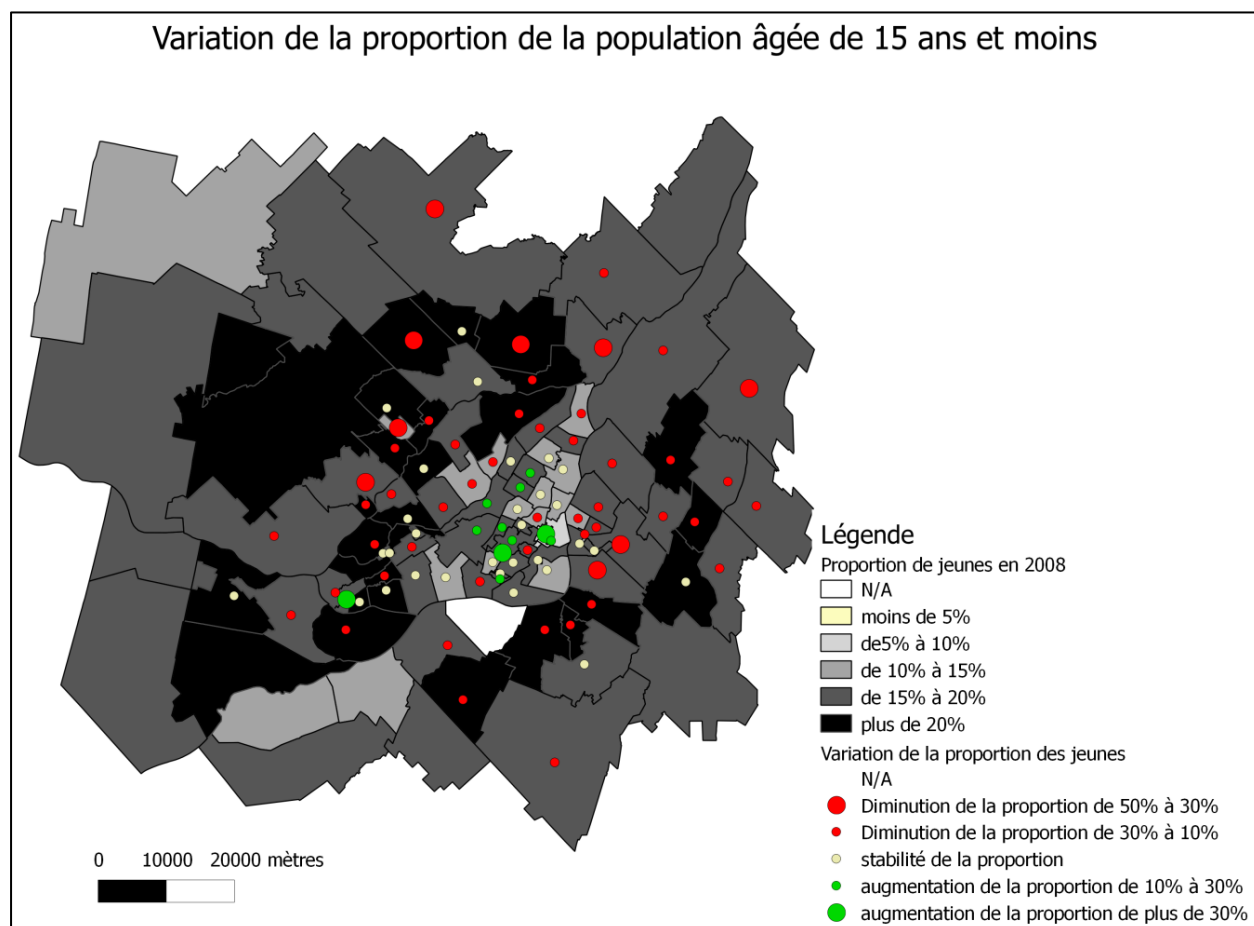


Figure 4-5. Variation de la proportion de la population âgée de 15 ans et moins de 1987 à 2008

### 4.2.2 Motorisation

La motorisation de plus en plus importante des individus et des ménages identifiée par la revue de littérature touche l'ensemble de la population. Il pourrait cependant exister des différences dans les tendances de motorisation selon l'âge, le sexe et l'appartenance à une cohorte. L'analyse Âge-Période-Cohorte permet de vérifier ici comment la motorisation dans le ménage se distingue selon ces trois variables démographiques. Il est important de rappeler que les variables de motorisation (*sans-auto*, *auto-négociée* et *auto-suffisant*) sont calculées à l'échelle du ménage et caractérisent le potentiel d'accès à une voiture. Le nombre de voiture au sein d'un ménage est divisé par le nombre de conducteur potentiel (individu âgé de 16 ans et plus). Tous les individus

d'un ménage ont donc le même niveau de motorisation attribué. La Figure 4-6 s'attarde à l'analyse de la proportion de *sans-autos*, la Figure 4-7 aux autos-négociée et la Figure 4-8 aux auto-suffisants.

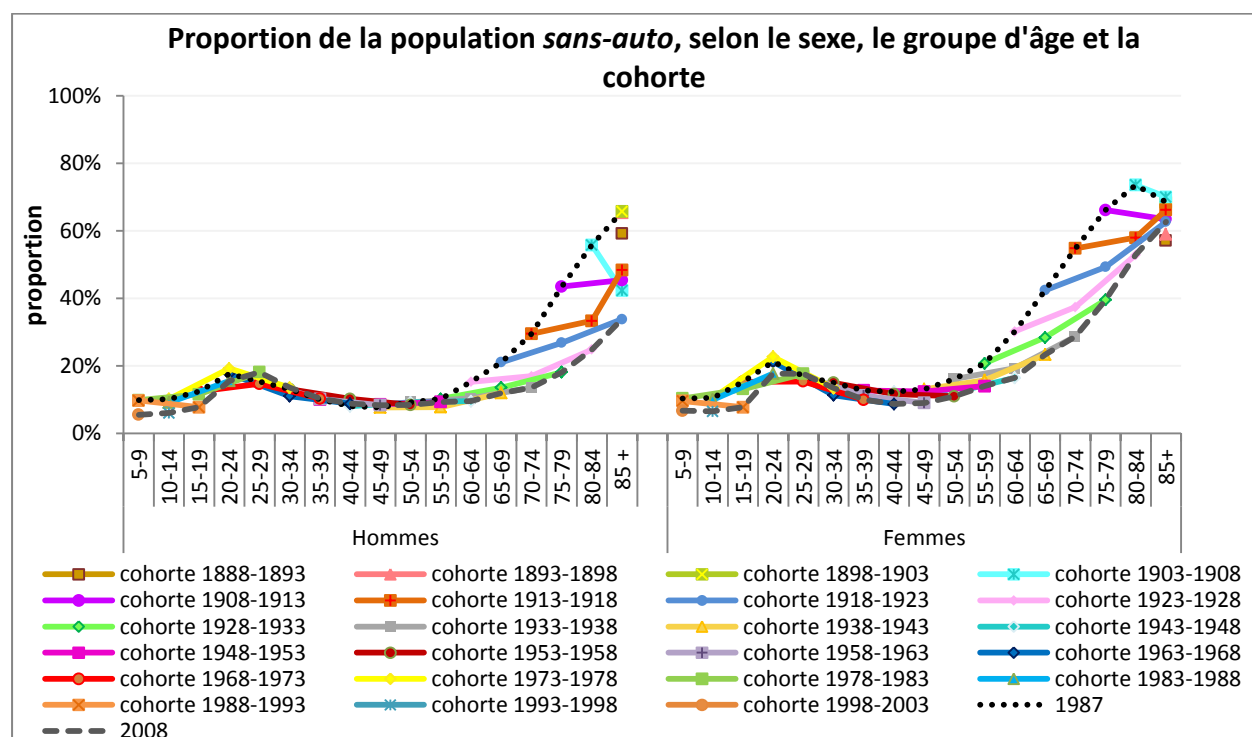


Figure 4-6. Proportion de la population *sans-auto*, selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte

Malgré une faible différence dans les courbes-cohortes masculines et féminines, il est possible de discerner que les femmes sont plus nombreuses en proportion à vivre dans un ménage où elles n'ont pas accès à une voiture, surtout dans les âges plus avancés (après 50 ans).

L'âge semble avoir beaucoup d'influence sur la motorisation; à l'entrée dans la vie active, la proportion de la population n'ayant pas accès à une voiture à l'intérieur de son ménage est un peu plus élevée que pendant l'essentiel de la vie active, pour devenir de plus en plus importante pendant le vieillissement. C'est chez les enfants que l'on observe les proportions de population *sans-auto* les plus faibles. Les enfants vivraient donc en grande majorité dans des ménages où il y a au moins une voiture.

On remarque un effet de période important : la proportion de la population *sans-auto* est beaucoup plus faible en 2008 qu'en 1987. Les gens se motorisent donc de plus en plus et surtout dans les groupes d'âges de 50 ans et plus.

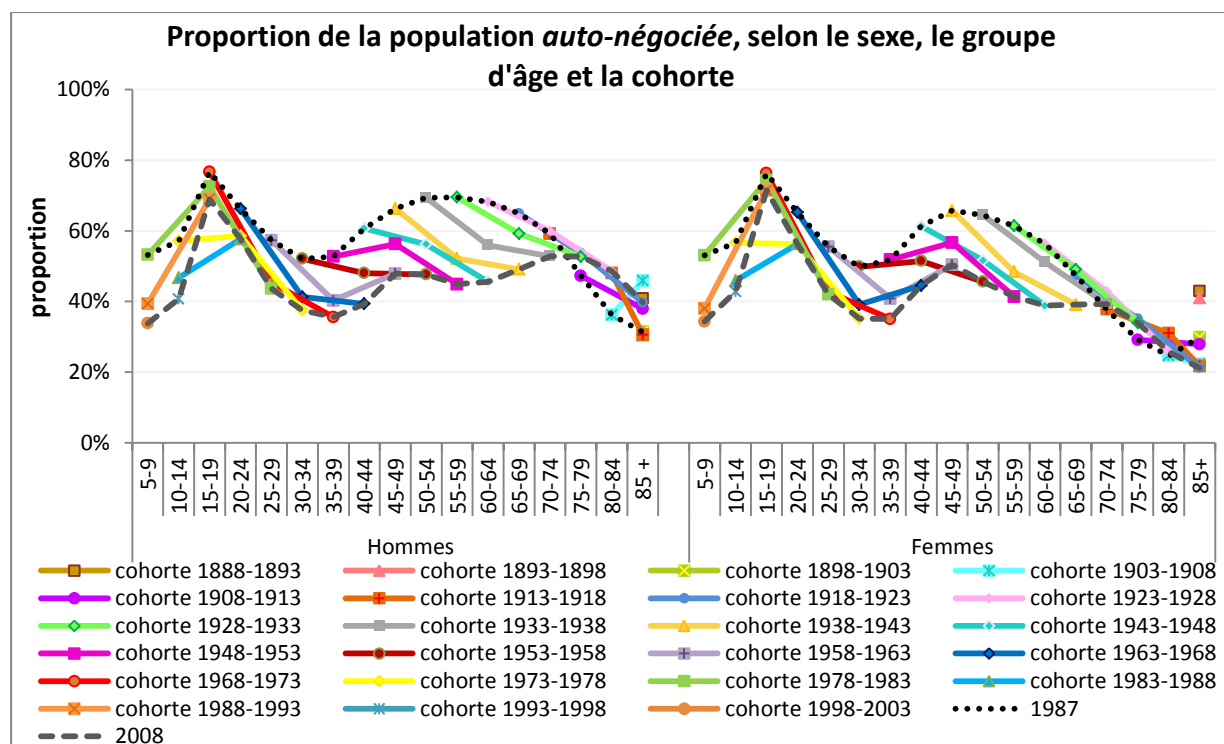


Figure 4-7. Proportion de la population *auto-négociée*, selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte

Il y a peu d'effet lié au sexe de l'individu sur le niveau de motorisation *auto-négociée* de son ménage, excepté que la proportion des femmes qui partagent une voiture au sein de leur ménage semble diminuer plus rapidement avec l'âge que celle des hommes. Les effets d'âge sont difficiles à identifier, mais il semble que la proportion de la population *auto-négociée* est de niveau similaire chez les enfants et chez les adultes de 35 ans et plus. La proportion d'*auto-négociées* est à son maximum parmi les 15-19 ans, groupe d'âge qui inclue ceux qui viennent tout juste d'atteindre leurs 16 ans, et donc le droit à la conduite. La proportion d'*auto-négociées* diminue ensuite rapidement entre 15 ans et 35 ans et est plus importante pendant la vie active.

Les effets de périodes sont les plus faciles à observer, la proportion de la population *auto-négociée* est beaucoup plus importante en 1987 qu'en 2008.



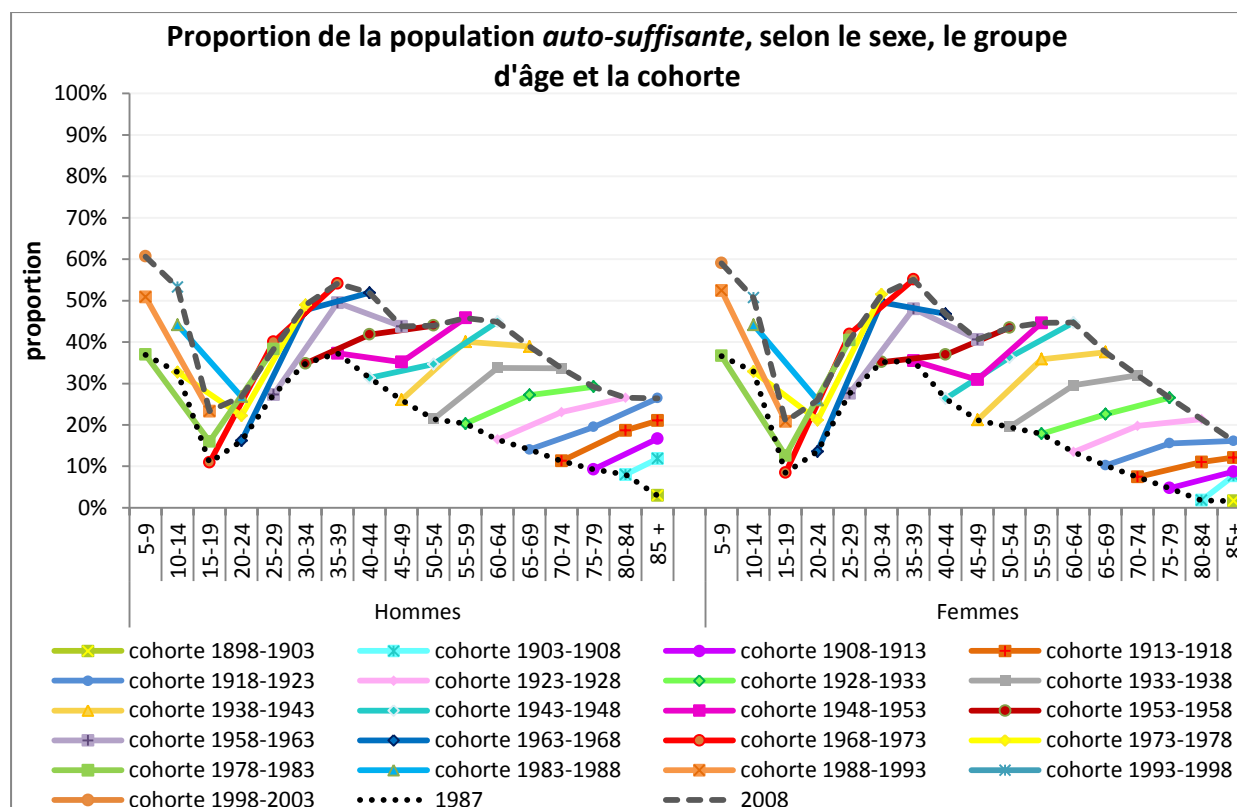


Figure 4-8. Proportion de la population *auto-suffisante*, selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte

Peu de différences distinguent les courbes-cohortes masculines et féminines, les effets liés au sexe de l'individu sont donc marginaux. Cependant, on remarque des effets d'âge assez caractéristiques, soit la croissance de la motorisation *auto-suffisante* entre 15 ans et environ 40 ans, puis une diminution de la proportion jusqu'à la fin de la vie. Il est à souligner que les enfants vivent en proportions très importantes dans des ménages *auto-suffisants*.

De la même façon que pour les deux autres niveaux de motorisation, l'évolution dans le temps est le phénomène qui semble avoir le plus d'influence; en effet, une augmentation très importante de la part de la population *auto-suffisante* est observable entre 1987 et 2008. L'écart entre les périodes est accentué pour les 35 ans et plus, la croissance de la motorisation *auto-suffisante* entre 1987 et 2008 est plus modeste pour les 15-35 ans.

Grâce à la Figure 4-9 qui met en relation les trois niveaux de motorisation, on remarque que la proportion de la population qui habite un ménage non-motorisé ou un ménage à l'intérieur duquel

les membres se partagent une auto diminuée entre 1987 et 2008, tandis qu'on observe une hausse importante de la proportion de la population *auto-suffisante*.

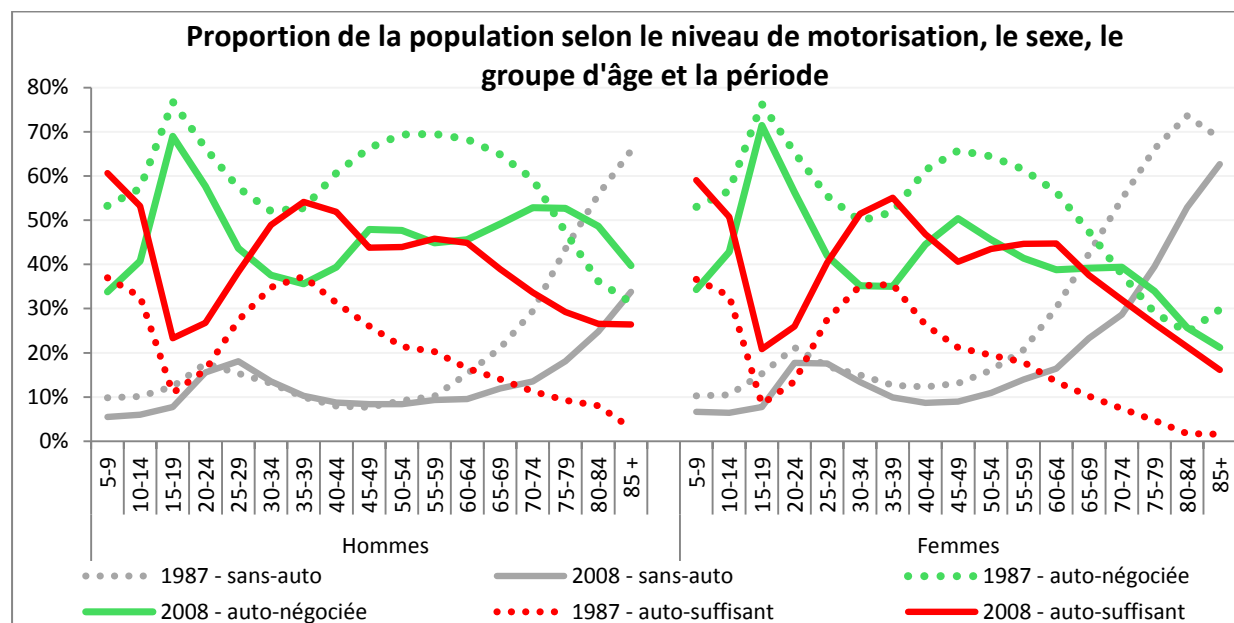


Figure 4-9. Proportion de la population selon le niveau de motorisation, le sexe, le groupe d'âge et la période

De cette façon, la proportion de la population *auto-négociée* et celle *auto-suffisante*, très éloignée l'une de l'autre en 1987, à partir de l'âge d'environ 35 ans, se rejoignent en 2008 et restent assez rapprochées (Figure 4-9).

Finalement, alors qu'on avait moins de variabilité dans les comportements de motorisation chez les populations âgées en 1987 – chez les plus de 75 ans, plus de 60% de la population faisait partie des *sans-autos* – cette variabilité s'accroît de façon phénoménale entre 1987 et 2008, puisque les proportions dans la population de chaque type de motorisation sont rapprochées, surtout chez les hommes.

Il est pertinent de s'attarder plus profondément à la proportion d'*auto-suffisants*, afin de mieux comprendre le contexte de la hausse de la motorisation entre 1987 et 2008 et d'identifier quels groupes d'individus alimentent cette tendance.

Si l'on s'attarde (Figure 4-10) à l'impact de la taille du ménage d'appartenance sur la proportion d'*auto-suffisants*, on remarque que plus le ménage est de petite taille, plus les proportions sont fortes. Les différences entre les proportions d'*auto-suffisants* selon la taille du ménage sont bien

plus modestes en 1987 qu'en 2008. Les tailles de ménages de trois personnes et plus semblent accélérer les effets d'âge de diminution de la proportion d'*auto-suffisants* au fil du vieillissement. D'ailleurs, les hommes habitant seuls ne paraissent pas affectés par l'âge en 2008 et restent fortement motorisés jusqu'en fin de vie. Les effets de période s'avèrent plus importants pour les femmes habitant seules.

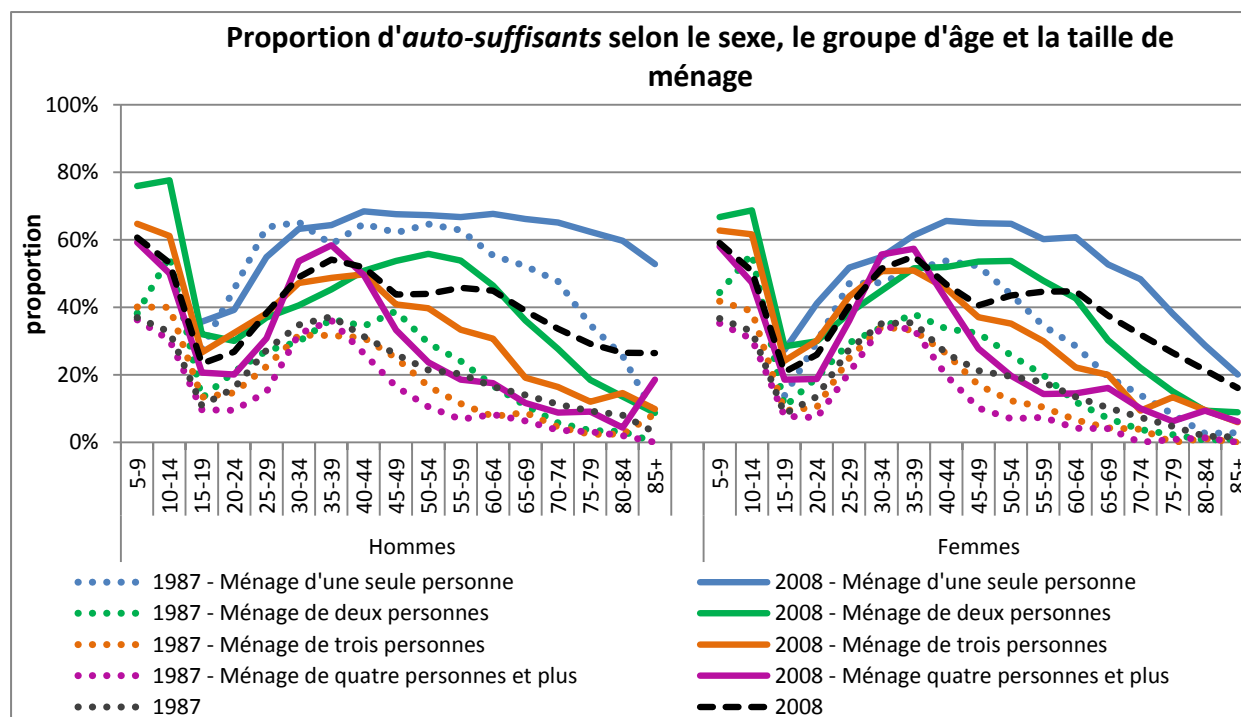


Figure 4-10. Proportion d'*auto-suffisants* selon le sexe, le groupe d'âge et la taille de ménage

Il n'y a pas d'effet de cohorte qui se démarque à l'intérieur des sous-populations caractérisées par la taille du ménage.

La Figure 4-11 permet de voir que la présence d'enfants dans le ménage a globalement une influence positive sur la proportion d'*auto-suffisants* chez les moins de 50 ans et une influence négative au-delà de cet âge. En 2008, les proportions d'*auto-suffisants* semblent être légèrement plus élevées lorsque les enfants sont âgés de moins de 10 ans, mais la différence selon le groupe d'âge des enfants est moindre en 1987.

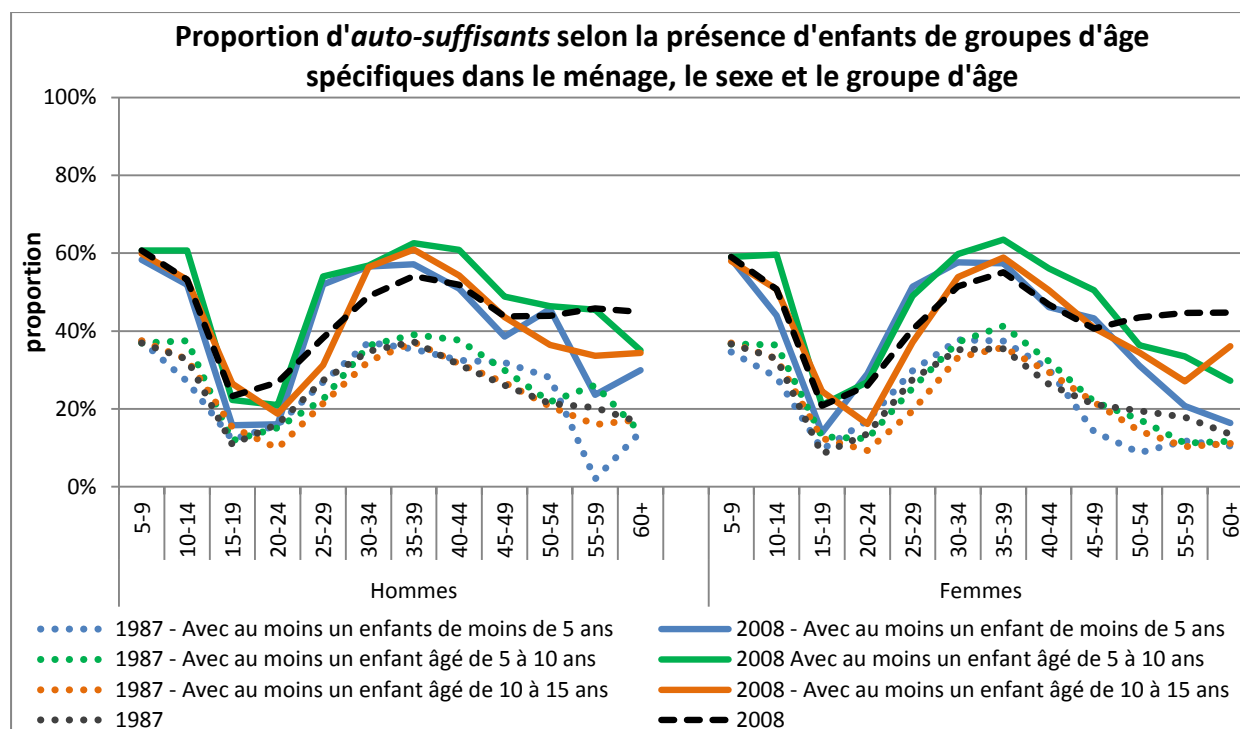


Figure 4-11. Proportion d'*auto-suffisants* selon la présence d'enfants de groupes d'âge spécifiques dans le ménage, le sexe et le groupe d'âge

La grande région de résidence est un élément crucial dans le choix de se motoriser. Les proportions d'*auto-suffisants* diffèrent ainsi assez fortement d'une région à l'autre, comme le démontre la Figure 4-12. C'est chez les Montréalais que les proportions sont les plus faibles. Les proportions pour les habitants des rives sont très élevées. La différence entre les proportions d'*auto-suffisants* entre 1987 et 2008 pour chacune des régions s'est accrue, mais beaucoup moins intensément chez les montréalais et particulièrement chez les montréalais de moins de 35 ans, où il ne semble pas y avoir eu de croissance. Les effets d'âge sont amoindris chez les montréalais en 2008.

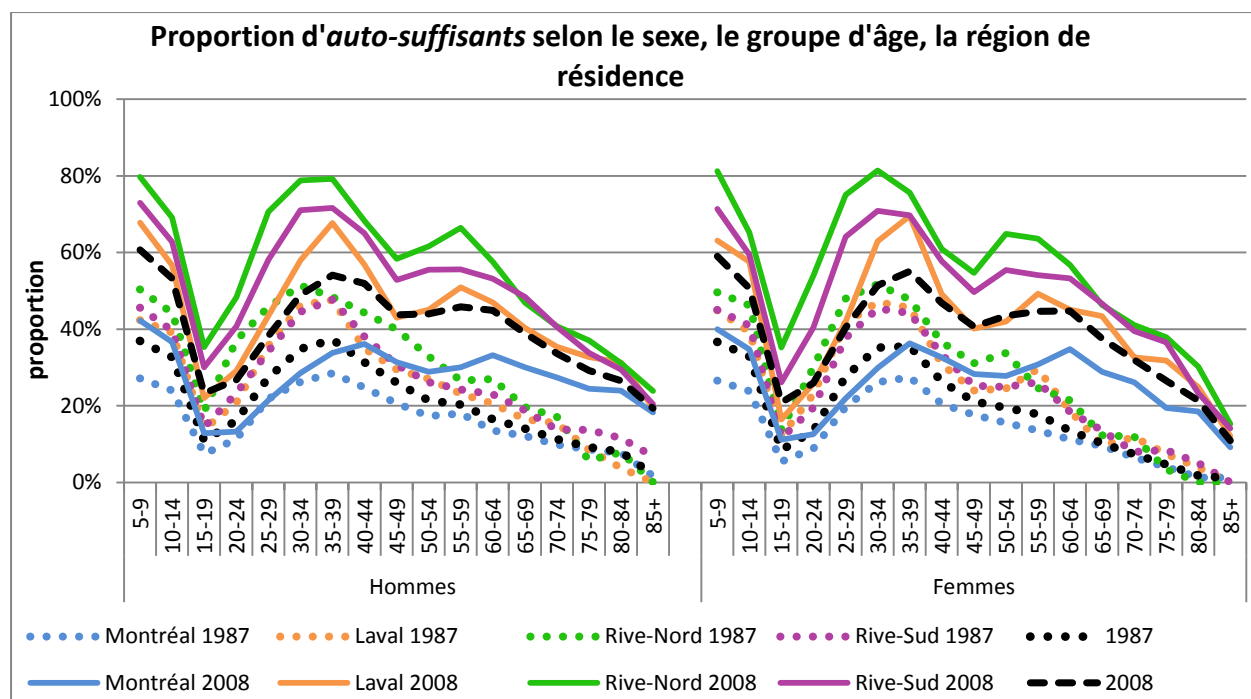


Figure 4-12. Proportion d'*auto-suffisants* selon le sexe, le groupe d'âge, la région de résidence

Le voisinage d'infrastructures de transport lourd, tout comme la région de résidence, peut influencer de façon importante la motorisation. Lorsque les alternatives à la voiture sont rares, la place de la voiture est logiquement plus grande. Ainsi, les individus ne bénéficiant d'aucune offre de métro ou de train à proximité sont ceux pour qui les proportions d'*auto-suffisants* sont les plus élevées sur la Figure 4-13. Inversement, les proportions d'*auto-suffisants* sont plus modestes chez ceux qui habitent à l'intérieur d'un rayon de 1km d'une station de métro. Les effets de périodes sont quasi nuls chez ces derniers lorsqu'ils sont âgés de moins de 35 ans, alors que dans l'ensemble, une croissance de la proportion des *auto-suffisants* est observable.

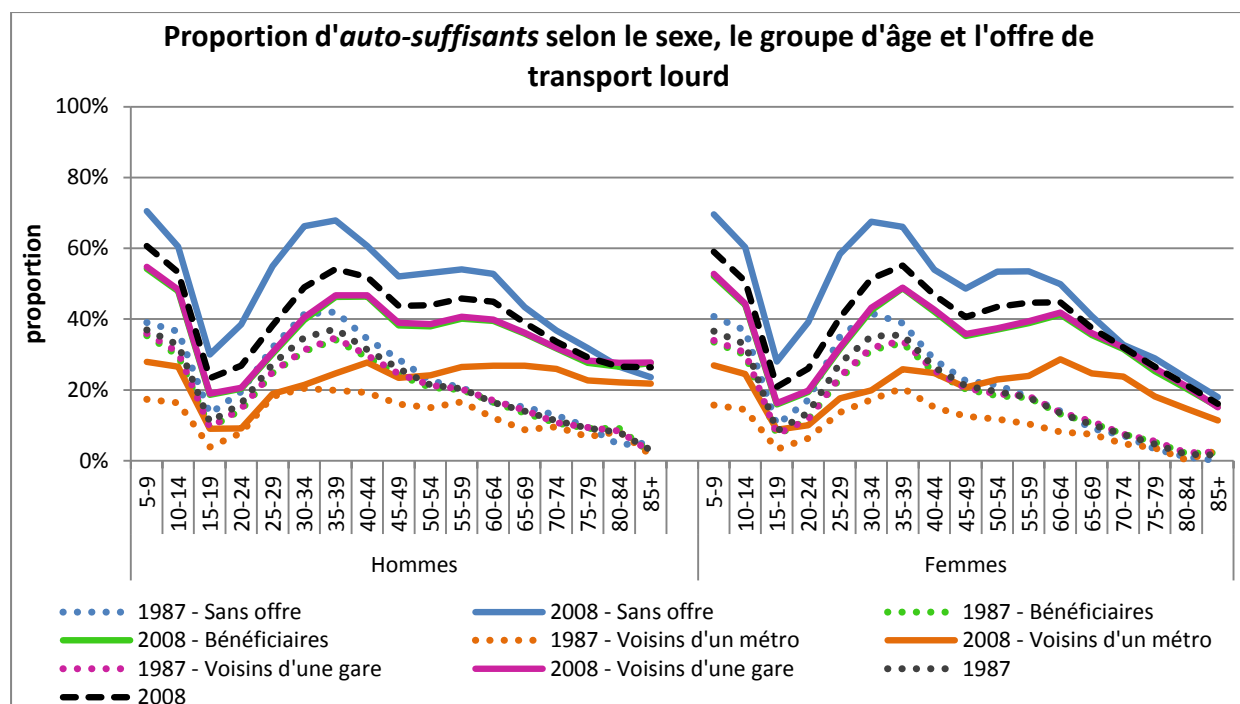


Figure 4-13. Proportion d'*auto-suffisants* selon le sexe, le groupe d'âge et l'offre de transport lourd

### 4.3 Analyse descriptive de la mobilité

L'analyse descriptive selon les méthodes démographiques permettra dans un premier temps de présenter les effets d'âge, de période et de cohorte sur les indicateurs de mobilité sélectionnés. Les effets peuvent être visualisés lorsque qu'un nombre suffisant d'observations le permet (30 observations non-pondérées). La proportion de non-mobiles, le nombre moyen de déplacements, la part modale auto des déplacements *études* et la part modale transport en commun (TC) des déplacements *travail* sont les indicateurs auxquels nous nous intéressons. Le nombre moyen de chaînes de déplacements est également un indicateur de mobilité sur lequel une analyse descriptive a été réalisée, mais la forte ressemblance des constats avec ceux issus du taux de mobilité justifie la mise en annexe de l'analyse de cet indicateur (ANNEXE I). Sur chacun de ces indicateurs, il sera possible d'apprivoiser les tendances de mobilité selon l'appartenance des individus à certains segments de population. La motorisation, la taille du ménage et la présence d'enfants dans le ménage, la localisation résidentielle et l'offre de transport lourd caractériseront les segments. La pertinence de ces variables pourra ainsi être testée et leur implication dans un modèle explicatif éclaircie.

### 4.3.1 Proportion non-mobiles

La Figure 4-14 démontre qu'il y a peu d'effets liés au sexe de l'individu sur la proportion de non-mobiles, même si on remarque que la proportion est légèrement plus élevée chez les femmes. Un effet d'âge peut être remarqué : au cours du vieillissement les individus semblent être non-mobiles en proportion de plus en plus grande, avec une accélération vers la non-mobilité à partir de 50 ans. Finalement, un effet de période important est observable chez les femmes, la non-mobilité étant moins importante en 2008 qu'en 1987.

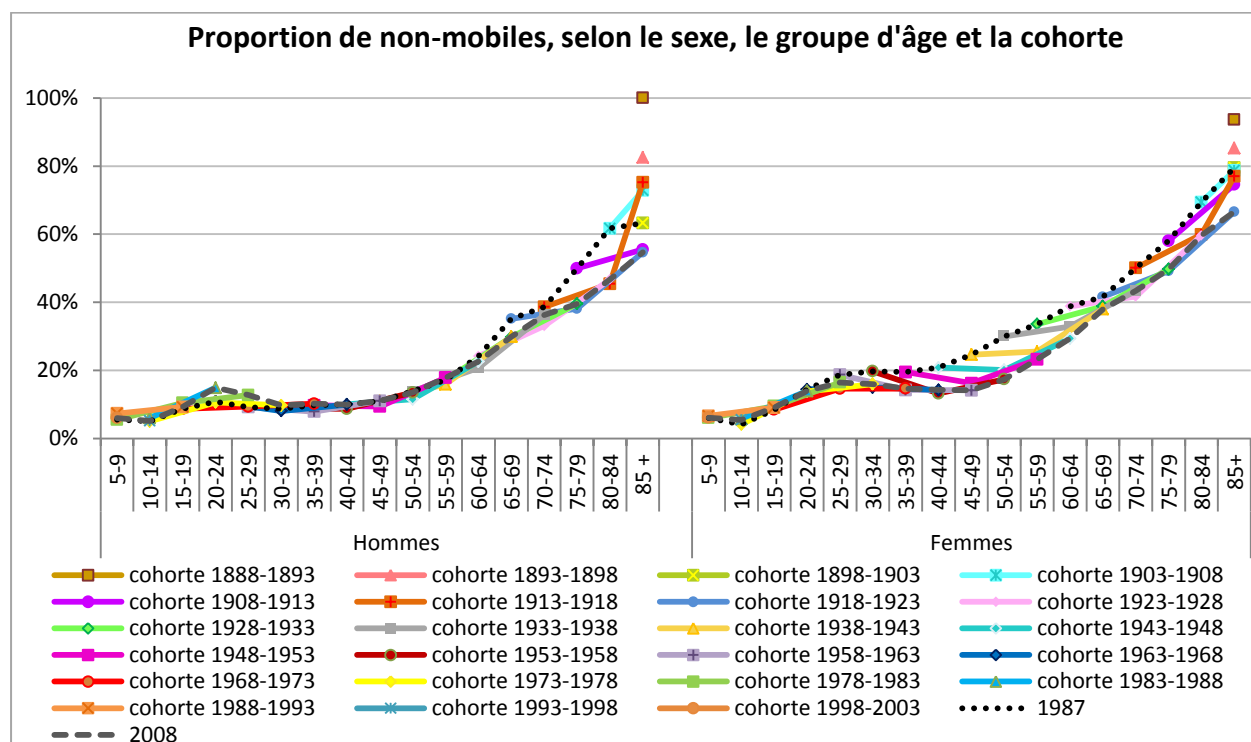


Figure 4-14. Proportion de non-mobiles selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte

Le niveau de motorisation de l'individu affecte sa mobilité. Sur la Figure 4-15, on remarque que chez les hommes, la motorisation partagée et la motorisation autosuffisante n'influence pas le comportement de manière significative avant l'âge de 60 ans. La non-motorisation, cependant, contribuerait à augmenter la proportion de non-mobiles. Un léger effet de période est visible dans la sous-population masculine des *sans-autos*, où les individus non-motorisés de 1987 étaient en plus grande proportion non-mobiles.

Chez les femmes, l'appartenance à la sous-population des *sans-autos* et des *auto-partagées* ne semble pas impliquer une variation de comportement. On remarque en effet que les courbes-années des différents niveaux de motorisation suivent de près les courbes-années générales.

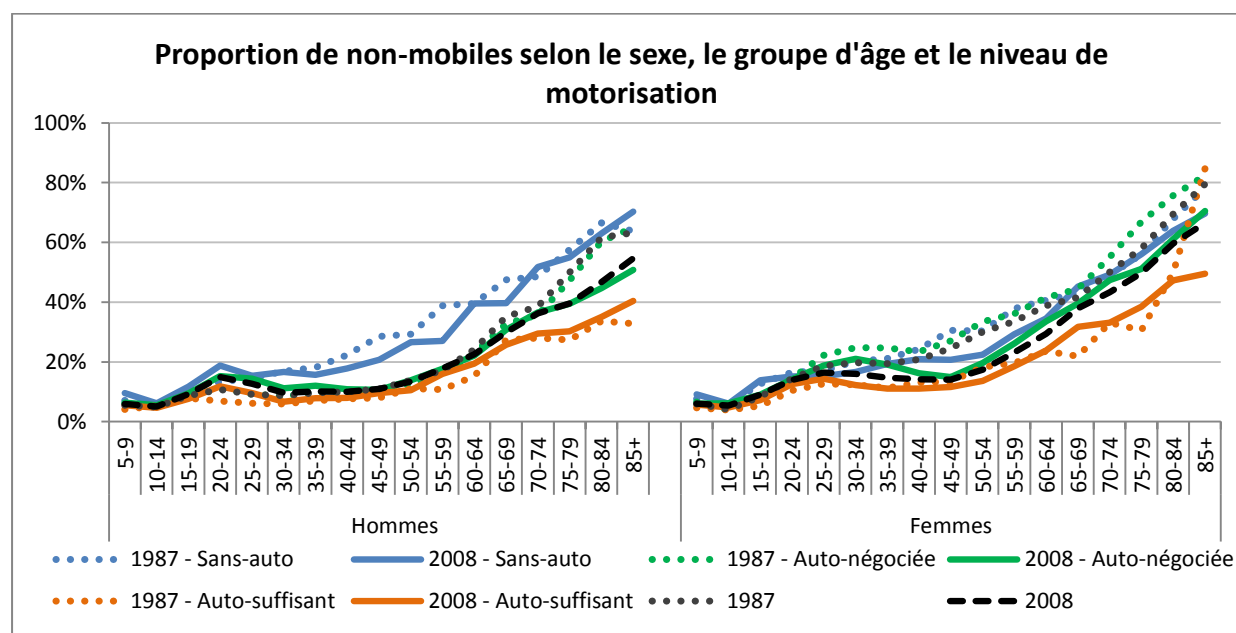


Figure 4-15. Proportion de non-mobiles selon le sexe, le groupe d'âge et le niveau de motorisation

La Figure 4-16 présente les effets variables de l'*auto-suffisance* sur la proportion de non-mobiles selon le groupe d'âge et la période. En 1987, l'*auto-suffisance* semble réduire significativement les proportions de non-mobiles chez les hommes âgés de plus de 50 ans et chez les femmes âgées de 25 ans et plus. En 2008, l'*auto-suffisance* semble avoir des effets plus modestes; les hommes de 60 ans et plus sont en moins grandes proportions que la moyenne non-mobiles. Chez les femmes, c'est toujours après 25 ans que l'*auto-suffisance* est liée à une plus faible proportion de non-mobiles, mais la différence avec la moyenne est beaucoup moins prononcée qu'en 1987.

Il n'y a pas d'autres effets de cohorte ou de période qui se différencient de ceux observés dans la population de référence.

La taille du ménage peut être un facteur dans la mobilité. Grâce à la figure ci-dessous, on remarque que les hommes de moins de 65 ans sont peu affectés par la taille de leur ménage en ce a trait au fait de ne pas se déplacer. Au-delà de cet âge, les tailles de ménage plus importantes en nombre amènent une plus forte proportion d'hommes à être non-mobiles.



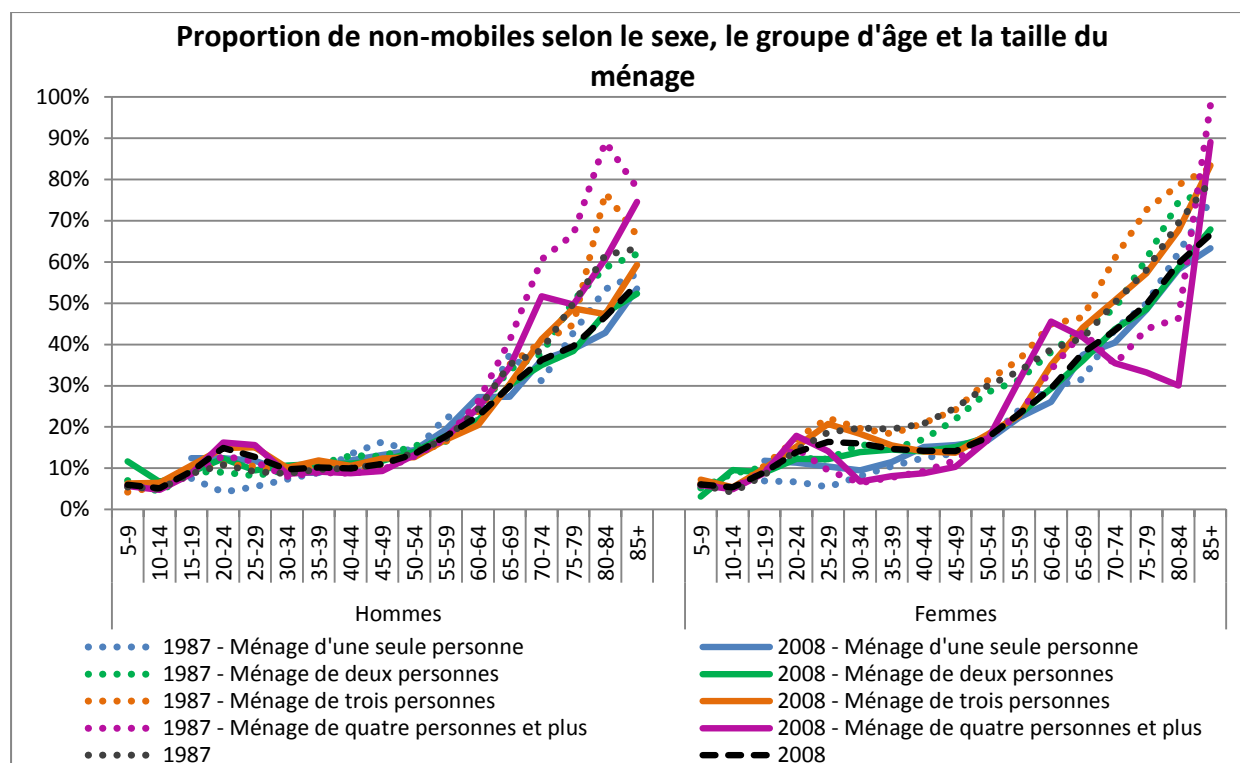


Figure 4-16. Proportion de non-mobiles selon le sexe, le groupe d'âge et la taille du ménage

Chez les femmes, on remarque davantage de variations selon la taille de leur ménage. Avant 60 ans, l'appartenance à un ménage de deux et de trois personnes semble avoir peu d'effets; les courbes-années caractérisant ces tailles de ménage suivent globalement les courbes-années générales. Le fait de résider seule réduirait les proportions de non-mobiles pour tous les âges en 1987, mais seulement avant 40 ans en 2008. Les femmes vivant dans un ménage de quatre personnes et plus seraient portées à ne pas se déplacer plus souvent que la moyenne avant l'âge de 50 ans, mais davantage entre 50 ans et 65 ans. Au-delà de 65 ans, elles seraient encore plus souvent non-mobiles.

Alors que pour toutes les tailles de ménage d'appartenance des hommes, les effets de période restent similaires à ceux de la population de référence, on remarque que les effets de période disparaissent chez les femmes habitant seules et sont différents chez celles vivant dans un ménage de quatre personnes et plus.

On remarque grâce à la Figure 4-17 que si les individus vivant sans enfant dans leur ménage semblent avoir le même comportement que la moyenne, la présence d'enfants, elle, influence la proportion de non-mobiles des femmes de plus de 45 ans et celle des hommes de plus de 60 ans.

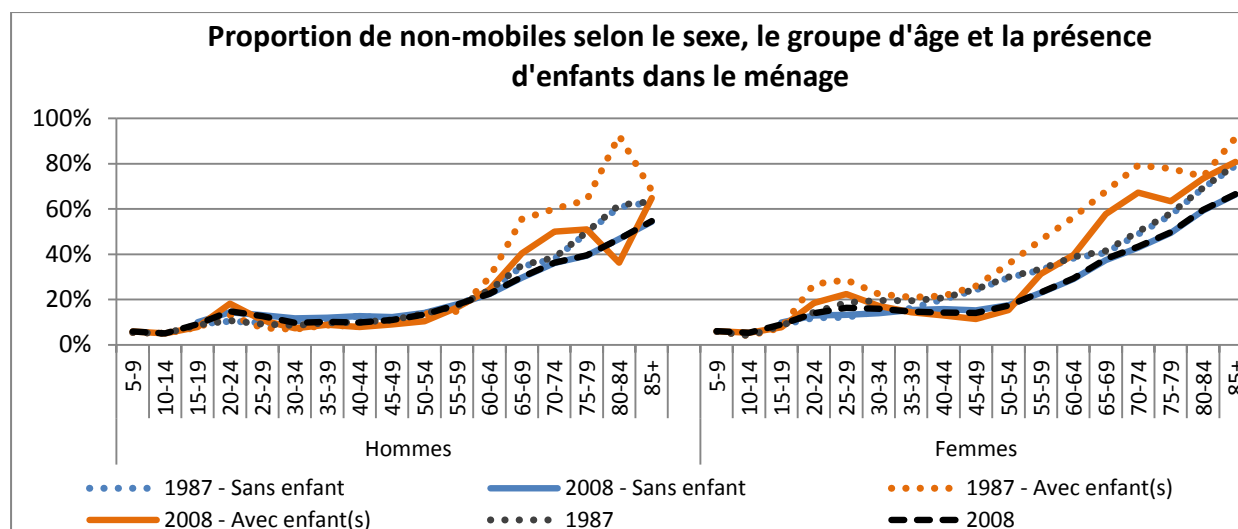


Figure 4-17. Proportion de non-mobiles selon le sexe, le groupe d'âge et la présence d'enfant(s) dans le ménage

De plus, les femmes sont plus ou moins mobiles selon l'âge des enfants habitant dans leur ménage, tel qu'on observe sur la Figure 4-18. C'est lorsque les enfants sont âgés de moins de 5 ans que leur influence sur la proportion de non-mobiles chez les femmes est la plus grande. La présence d'enfants de 5 à 15 ans semble affecter moins fortement la mobilité, les courbes-périodes associées ayant la même allure que les courbes-périodes de la moyenne. Les effets d'âge sont légèrement différents chez les femmes habitant avec au moins un enfant. Un sommet dans les courbes-périodes 1987 chez les femmes de 20-30 ans pourrait être expliqué par la formation des familles, les femmes restant à la maison plus souvent lorsqu'elles ont des enfants. Ce sommet n'est visible que pour les femmes vivant en présence d'enfants de moins de 5 ans en 2008 et est bien moins prononcé. Au cours du vieillissement, les femmes et les hommes qui vivent en présence d'enfants paraissent être non-mobiles en plus forte proportion.

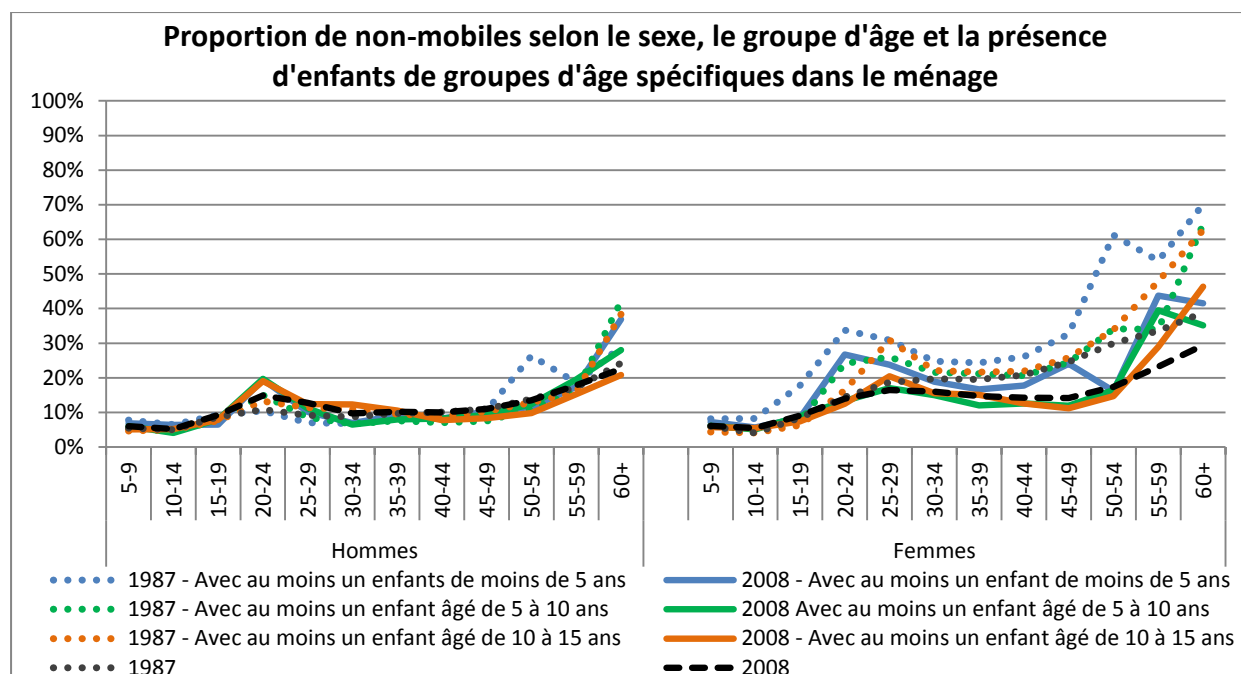


Figure 4-18. Proportion de non-mobiles selon le sexe, le groupe d'âge la présence d'enfants de groupes d'âge spécifiques dans le ménage

Il n'y a pas de différences significatives entre les effets de cohorte et de période de la population de référence et ceux des sous-populations avec enfants selon leur groupe d'âge.

Que l'on considère les enfants selon leur âge ou l'équivalence en niveau scolaire, leur influence reste sensiblement la même.

La proportion de non-mobiles est peu influencée par la localisation résidentielle et on rend compte de peu de divergences au niveau des effets de cohorte et des effets de période. Toutefois, quelques petites différences devraient être notées suite à l'analyse de la Figure 4-19. D'abord, il semble que les Nord-Riverains et les Lavallois soient non-mobiles en plus grande proportion lorsqu'ils sont âgés de plus de 70 ans. Les effets de période sont amplifiés lorsqu'on observe les femmes habitant la rive-nord de Montréal, puisqu'elles sont encore davantage non-mobiles que la moyenne en 1987.

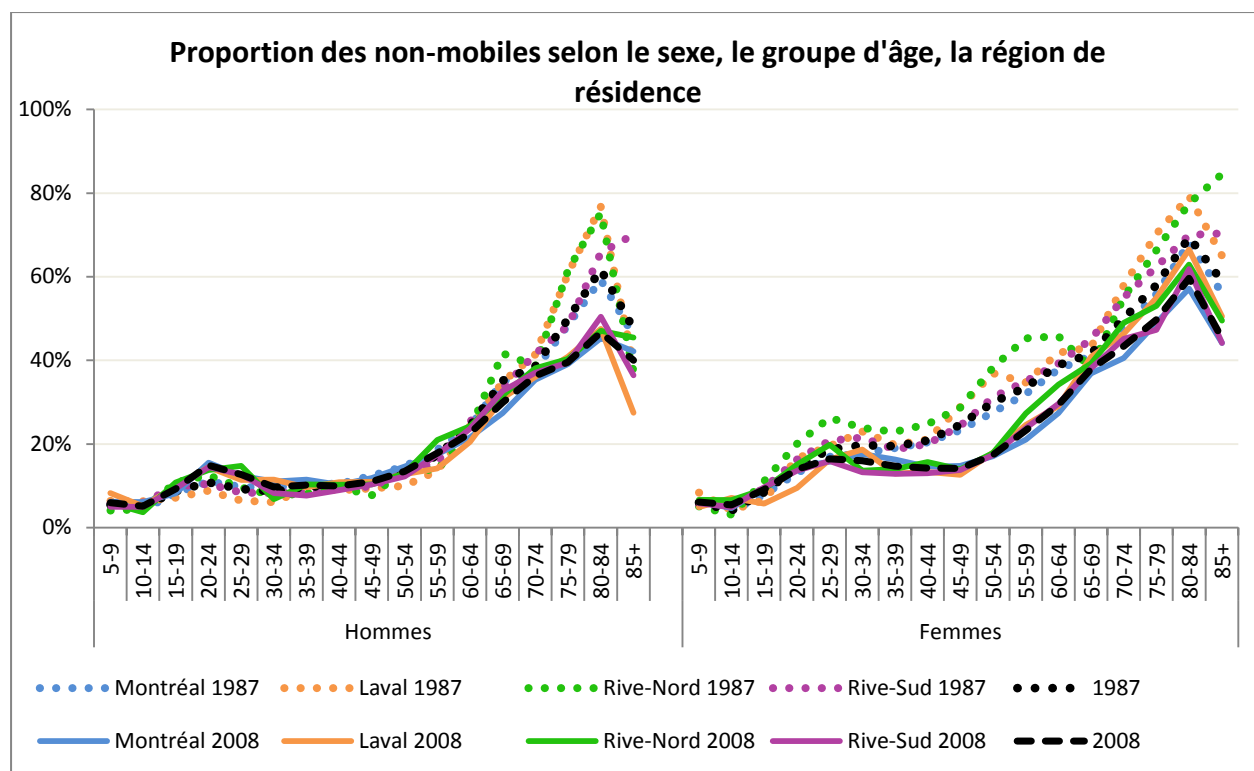


Figure 4-19. Proportion des non-mobiles selon le sexe, le groupe d'âge et la région de résidence

Tel que le démontre la Figure 4-20, l'importance de l'offre de transport lourd à proximité de sa résidence semble avoir très peu d'influence sur la proportion de non-mobiles. Les individus qui n'avaient pas accès à une offre de transport lourd à proximité étaient en plus grande proportion non-mobiles en 1987, mais l'influence de cette offre diminue en 2008 et ne subsiste qu'aux âges plus avancés.

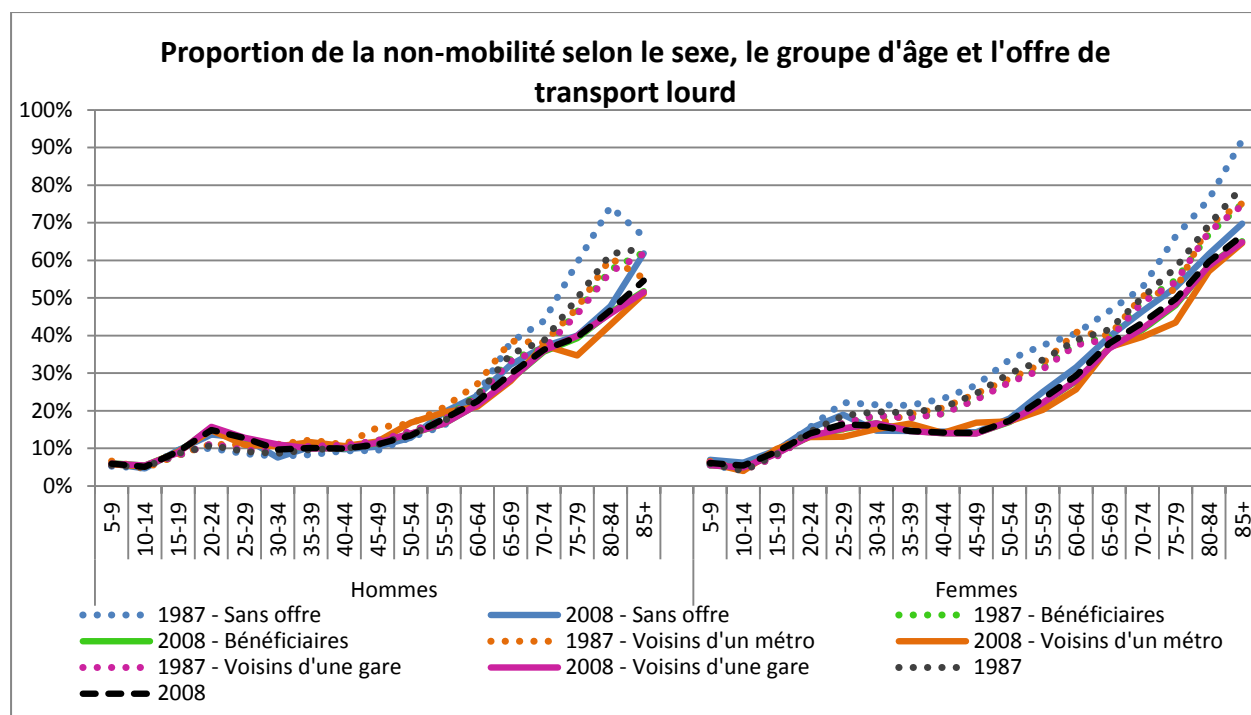


Figure 4-20. Proportion des non-mobiles selon le sexe, le groupe d'âge et l'offre de transport lourd à proximité

Les effets APC des sous-populations selon leur accès à une offre de transport ne diffèrent pas significativement de ceux de la population globale.

### 4.3.2 Nombre moyen de déplacements quotidiens

On observe, sur la Figure 4-21, un effet d'âge sur la mobilité quotidienne; le nombre de déplacements quotidiens tend à croître de 15 ans jusqu'au groupe d'âge de 35-39 ans, puis diminue vers les âges plus avancés. Le genre influence la décroissance du nombre moyen de déplacements quotidiens, puisque chez les hommes elle s'effectue lentement et moins intensément que chez les femmes. Chez les femmes, la diminution de mobilité quotidienne est beaucoup plus rapide; le passage à chaque groupe d'âge suivant est synonyme d'une mobilité quotidienne qui chute plus fortement.

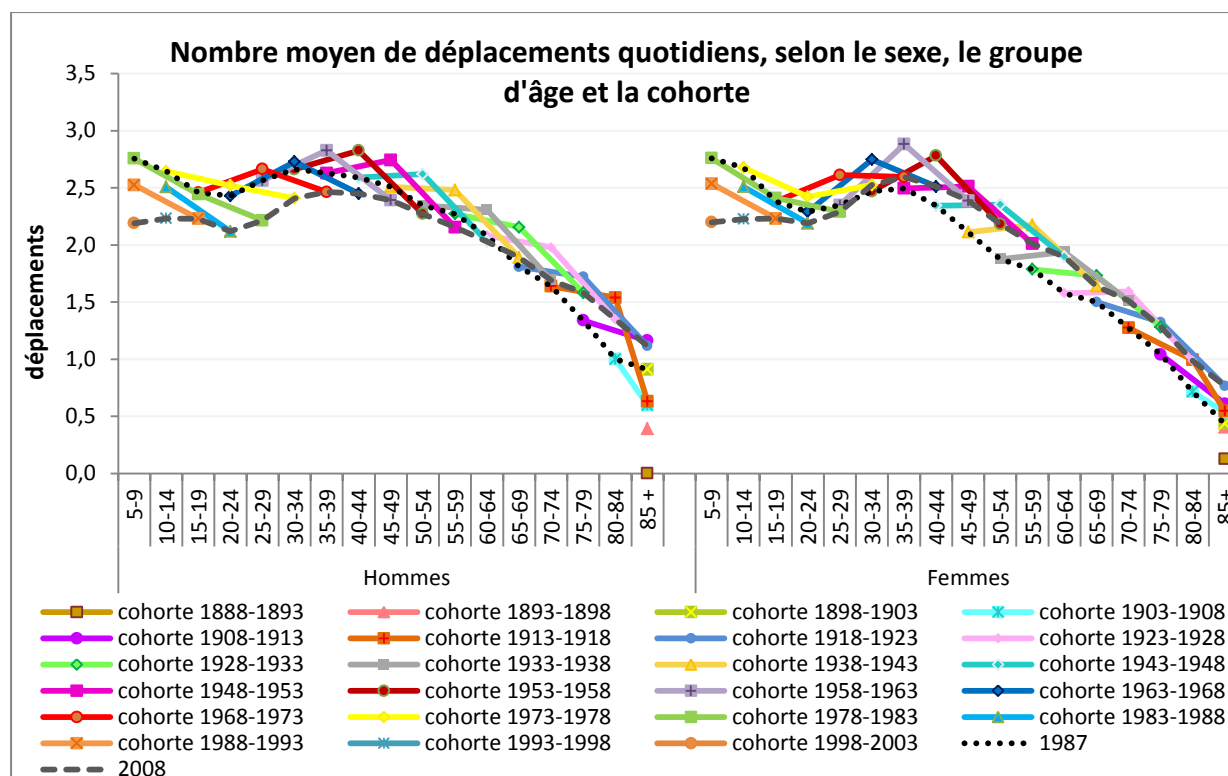


Figure 4-21. Nombre moyen de déplacements quotidiens selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte

Plusieurs effets de période peuvent être observés. Le plus frappant d'entre eux est certainement la forte mobilité quotidienne associée avec le moment de l'enquête Origine-Destination 1998. En effet, on remarque qu'indépendamment des autres variables, le taux de mobilité quotidien le plus élevé est atteint pendant la période 1998.

Peu importe le sexe, il y avait davantage de déplacements réalisés par les moins de 15 ans en 1987. Chez les hommes, la mobilité quotidienne aurait été plus faible pendant la période 2008 pour les classes d'âge actives, mais plus élevée chez les personnes âgées. Chez les femmes, on observe plutôt une influence inverse pour les mêmes périodes. La mobilité quotidienne des femmes serait plus importante en 2008 qu'en 1987 pour tous les groupes d'âges.

Certains niveaux de motorisation affectent la mobilité quotidienne (Figure 4-22). La non-motorisation semble influencer la mobilité quotidienne; les courbes-périodes des *sans-autos* indiquent en effet un taux de mobilité plus petit, pour les plus de 20 ans, que ce qu'on observe dans la population globale.

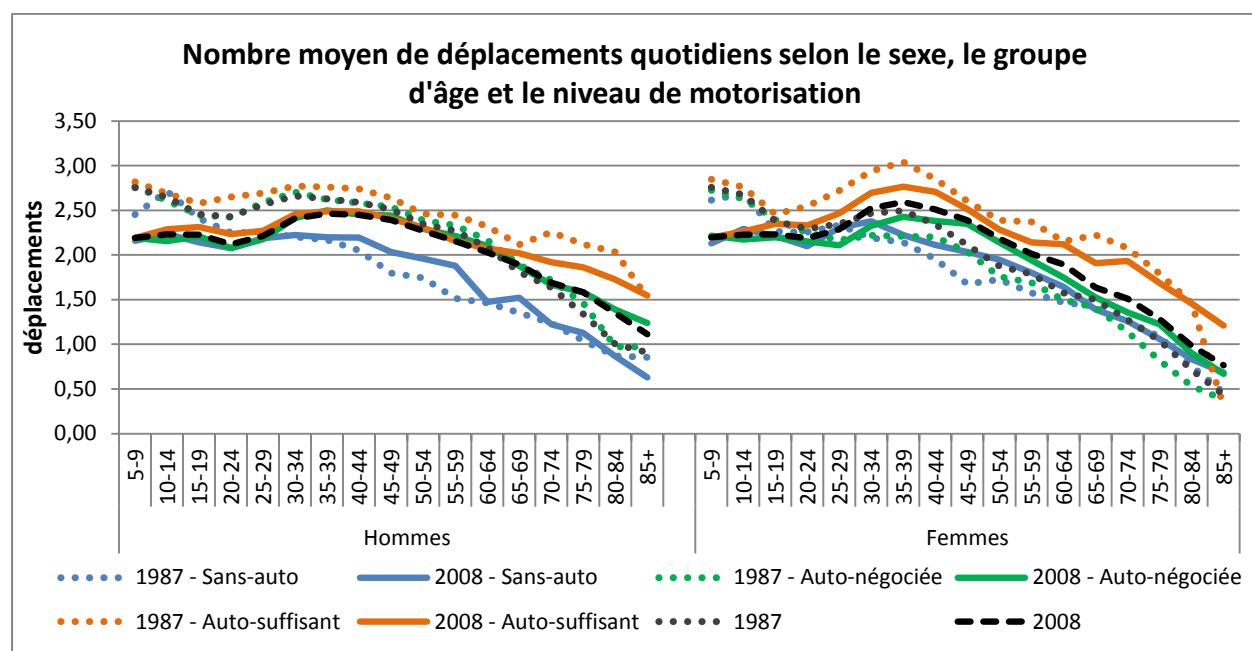


Figure 4-22. Nombre moyen de déplacements quotidiens selon le sexe, le groupe d'âge et le niveau de motorisation

Les effets de période sont différents dans la sous-population des hommes *sans-autos* de ceux retrouvés dans la population totale. Alors que les hommes de moins de 35 ans en général effectuaient davantage de déplacements en 1987 qu'en 2008, ces effets de période semblent nuls parmi les hommes *sans-autos*. Cependant, alors qu'il n'y a pas d'effets de période importants au-delà de cet âge chez les hommes, on remarque chez les hommes *sans-autos* que la mobilité quotidienne est plus forte en 2008 qu'en 1987. Les effets d'âge sont également légèrement différents chez les hommes *sans-autos*, l'âge semble affecter plus intensément la décroissance de la mobilité quotidienne.

La motorisation partagée ne semble pas influencer la mobilité quotidienne; les courbes-période de la population totale étant très rapprochées de celles des individus *auto-partagées*. Il ne paraît pas y avoir de différences significatives en ce qui concerne les effets APC de cette sous-population.

L'*auto-suffisance* est synonyme d'une mobilité quotidienne plus forte de façon évidente pour les deux genres en 1987 et pour les femmes *auto-suffisantes* en 2008. Un effet lié au genre traduit une plus grande mobilité quotidienne chez les femmes *auto-suffisantes* que les hommes *auto-suffisants*. L'âge semble avoir un impact moins prononcé sur la mobilité quotidienne des *auto-suffisants* pendant le vieillissement. Enfin, les effets de période perçus dans la population globale ne se retrouvent pas dans ce segment de la population; les femmes *auto-suffisantes* ont une mobilité quotidienne moins importante en 2008 qu'en 1987 et les personnes âgées *auto-suffisantes* n'effectuent pas plus de déplacements en 2008 qu'en 1987.

La taille du ménage dans lequel l'individu habite influence le nombre de déplacements quotidiens. On remarque sur la Figure 4-23 que ceux habitant seuls font en général davantage de déplacements que la moyenne, surtout avant l'âge de 40 ans. Il n'y a pas d'effets de cohorte qui se différencient de ceux observés dans la population totale, mais certains effets de période divergent légèrement. Chez les hommes seuls, il y a une convergence entre les périodes dans l'intensité de la mobilité quotidienne au-delà de 55 ans. Quant aux femmes seules, elles ont une mobilité quotidienne plus importante en 2008 qu'en 1987 au-delà de l'âge de 30 ans plutôt que 55 ans et plus pour la moyenne; les effets de périodes sont ainsi devancés à des âges plus jeunes.

La mobilité pour ceux qui habitent dans un ménage de deux personnes est très similaire à celle de la population de référence et on ne note pas d'effet de cohorte ou de période se démarquant. La mobilité quotidienne des individus habitant dans un ménage de trois personnes est similaire à celle de la population de référence. On remarque toutefois que l'âge semble avoir un effet plus important dans la diminution de la mobilité au cours du vieillissement dans cette sous-population.



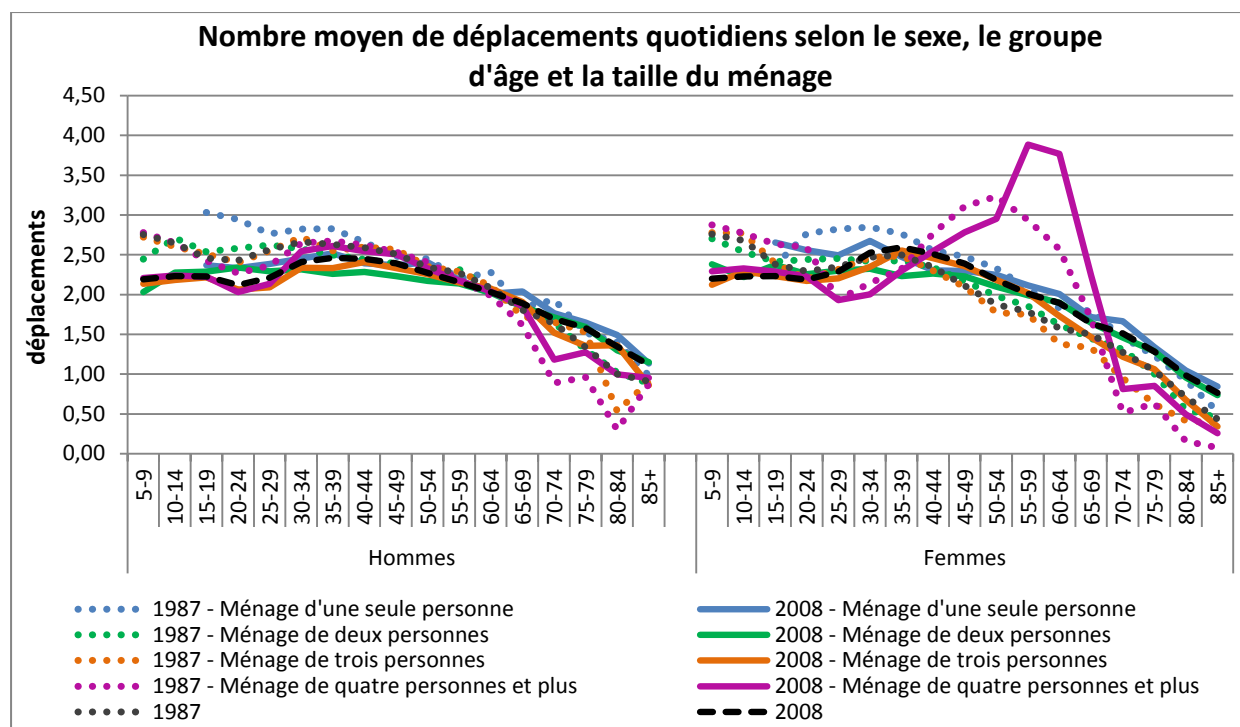


Figure 4-23. Nombre moyen de déplacements quotidiens selon le sexe, le groupe d'âge et la taille du ménage

La Figure 4-24 s'intéresse particulièrement aux individus appartenant à des ménages de quatre personnes et plus. Les hommes habitant dans ce type de ménage présentent une mobilité quotidienne très semblable à celle de la moyenne des hommes. Pour les femmes habitant dans un ménage composé d'un minimum de quatre personnes, plusieurs effets semblent s'inscrire sur leur mobilité quotidienne. D'abord, le ralentissement de la mobilité quotidienne entre 15 et 25 ans est plus prononcé et touche les femmes même jusqu'à l'âge de 35 ans en 2008. Le report de la maternité pourrait être en cause. Le nombre de déplacements quotidiens est, de 35 ans à 65 ans, beaucoup plus importants chez ces femmes que dans la population féminine totale. Dans les âges plus avancés, les courbes-cohortes des femmes composant cette sous-population rejoignent celles des hommes et celles de la population féminine globale.

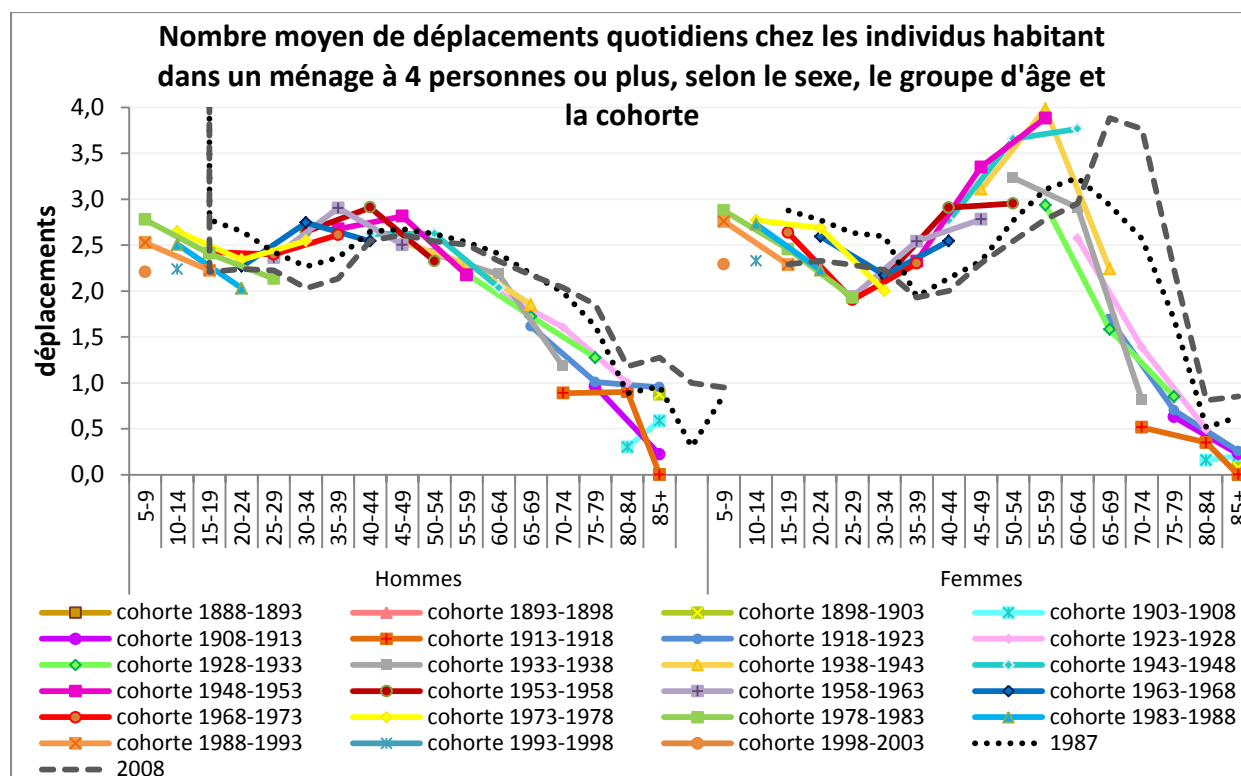


Figure 4-24. Nombre moyen de déplacements quotidiens chez les individus habitant dans un ménage à 4 personnes ou plus selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte

Le fait de ne pas vivre avec des enfants n'influence pas de manière significative la mobilité quotidienne, alors que le fait de résider avec des enfants influence le nombre moyen de déplacements quotidiens, selon l'âge et le niveau scolaire de(s) l'enfant(s). L'analyse du taux de mobilité quotidien pour les individus qui vivent avec au moins un enfant est présenté à la Figure 4-25.

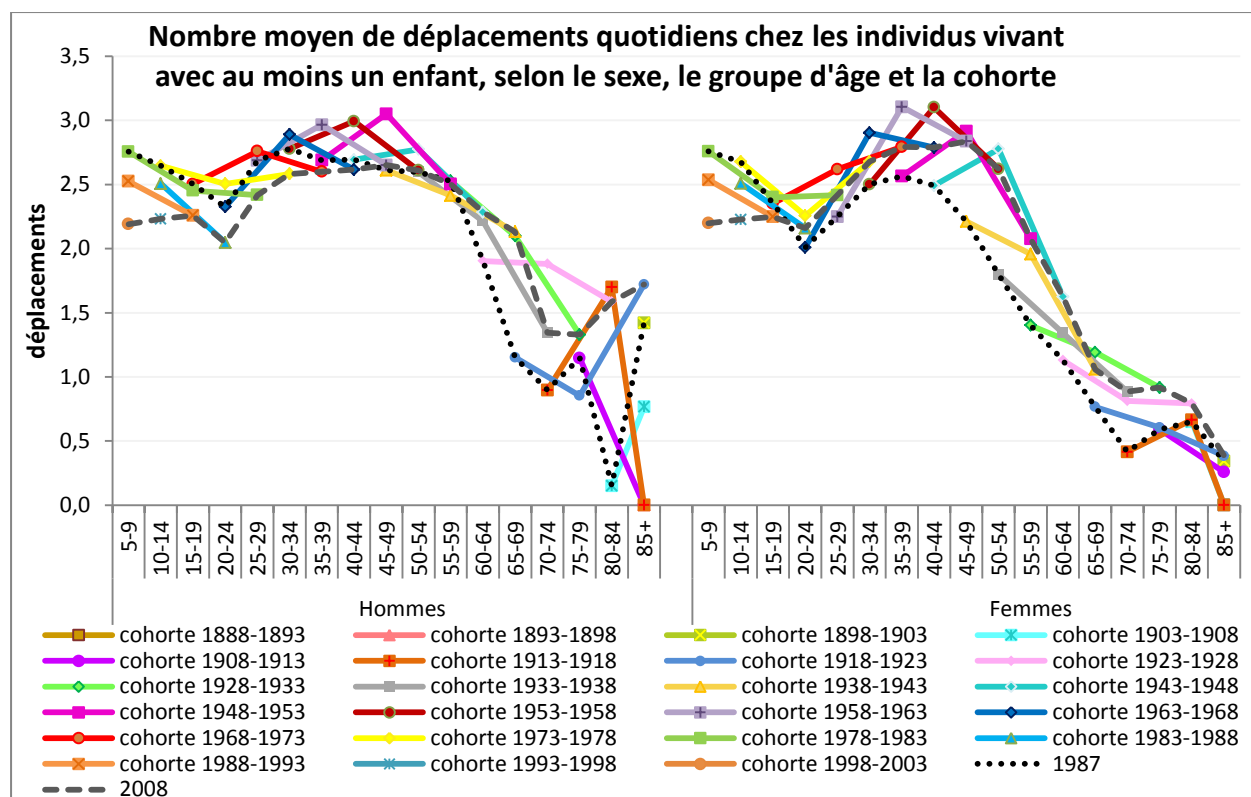


Figure 4-25. Nombre moyen de déplacements quotidiens chez les individus vivant avec au moins un enfant selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte

La figure ci-dessus démontre que la mobilité est généralement plus importante pour les individus qui sont dans les groupes d'âge actifs vivant dans un ménage où il y a au moins un enfant. On remarque un plateau où l'intensité de la mobilité se maintient à un fort niveau, alors qu'il y a une décroissance progressive de la mobilité avec l'âge dans la population en générale. D'ailleurs, la sous-population qui habite avec au moins un enfant semble connaître une augmentation du nombre de déplacements quotidiens aux âges avancés.

Les effets de période observés dans la population globale sont maintenus dans cette sous-population. L'effet de période lié à l'année 2008, qui se traduit par une mobilité plus importante chez les femmes, est même d'intensité plus forte chez celles âgées de plus de 20 ans et qui vivent avec un enfant.

La Figure 4-26 permet de se concentrer sur les différences de comportement de mobilité selon l'âge de(s) enfants du ménage. Quel que soit l'âge de ceux-ci, leur présence influence moins fortement la mobilité quotidienne des hommes que celles de femmes. Chez les hommes, la

présence d'enfants de moins de 10 ans influence la mobilité quotidienne à la hausse en 2008, mais a une influence moindre en 1987.

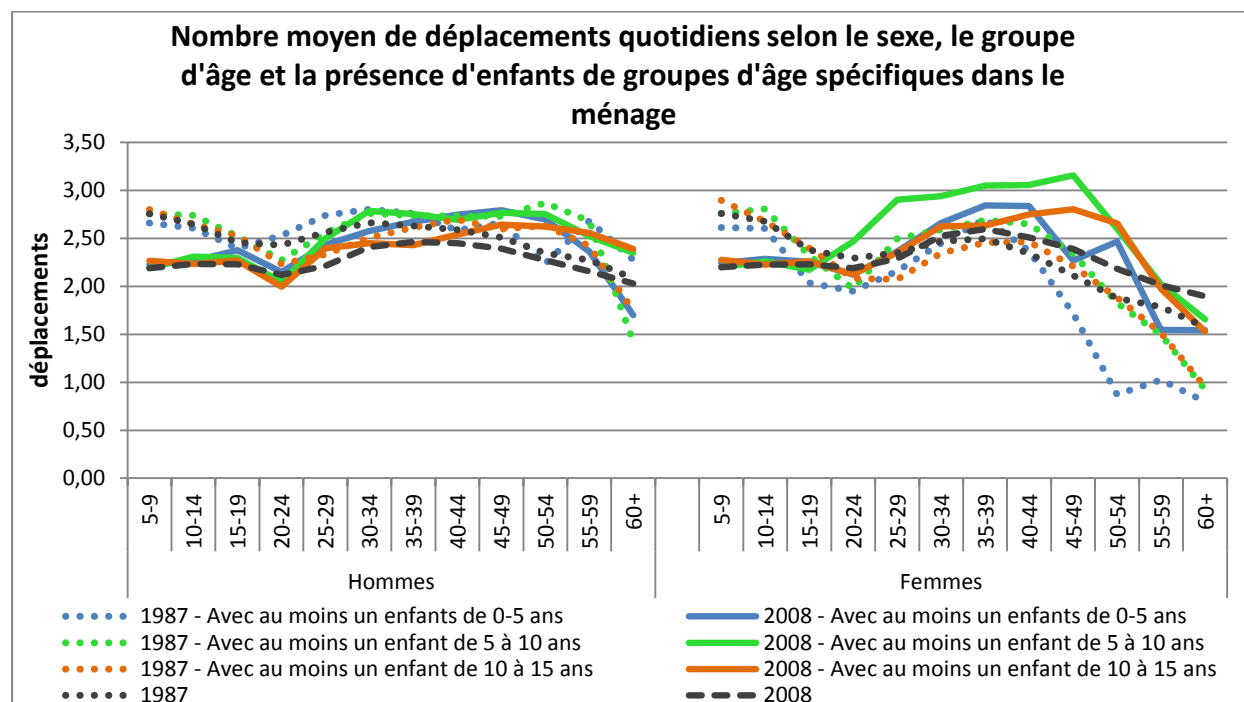


Figure 4-26. Nombre moyen de déplacements quotidiens selon le sexe, le groupe d'âge et la présence d'enfants de groupes d'âge spécifiques dans le ménage

Différents phénomènes peuvent être observés chez les femmes. En 1987, la présence d'enfants, quel que soit leurs âge traduisait souvent une mobilité quotidienne plus faible avant l'âge de 30-34 ans. La présence d'enfants âgés de moins de 5 ans implique une forte diminution de la mobilité au-delà de 45 ans. En 2008, la présence d'enfants affecte plutôt la mobilité des femmes de 25 ans et plus à la hausse. Chez les femmes vivant en présence d'enfants, il apparait que les effets de période deviennent plus importants à travers le temps, la mobilité de 1987 et celle de 2008 se distançant fortement en comparaison des effets observés dans la population de référence. Les analyses relatives à la Figure 4-26 valent également pour la figure ci-dessous, les courbes-périodes étant très similaires que les enfants soient classés selon leur âge ou leur niveau scolaire.

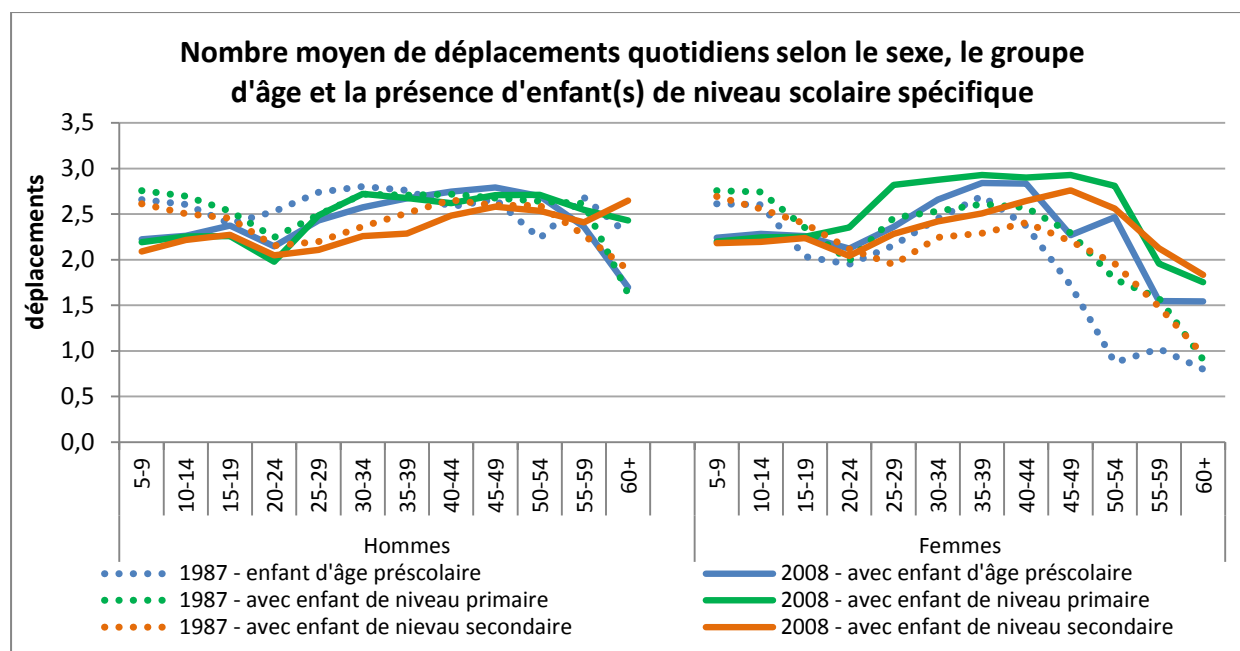


Figure 4-27. Nombre moyen de déplacements quotidiens selon le sexe, le groupe d'âge et la présence d'enfants de niveau scolaire spécifique

Chaque région d'appartenance résidentielle affecte différemment la mobilité quotidienne, tel que le démontre la Figure 4-28. Les Montréalais et les individus habitant la rive-sud ont des comportements de mobilité qui se rapprochent très fortement de ceux de la population en général. La population Nord-Riveraine semble en général effectuer moins de déplacements quotidiens que la moyenne. On remarque que le creux associé au début de la vie active chez les hommes de la Rive-Nord est légèrement décalé de 5 ans, les effets d'âge agissent ainsi différemment.

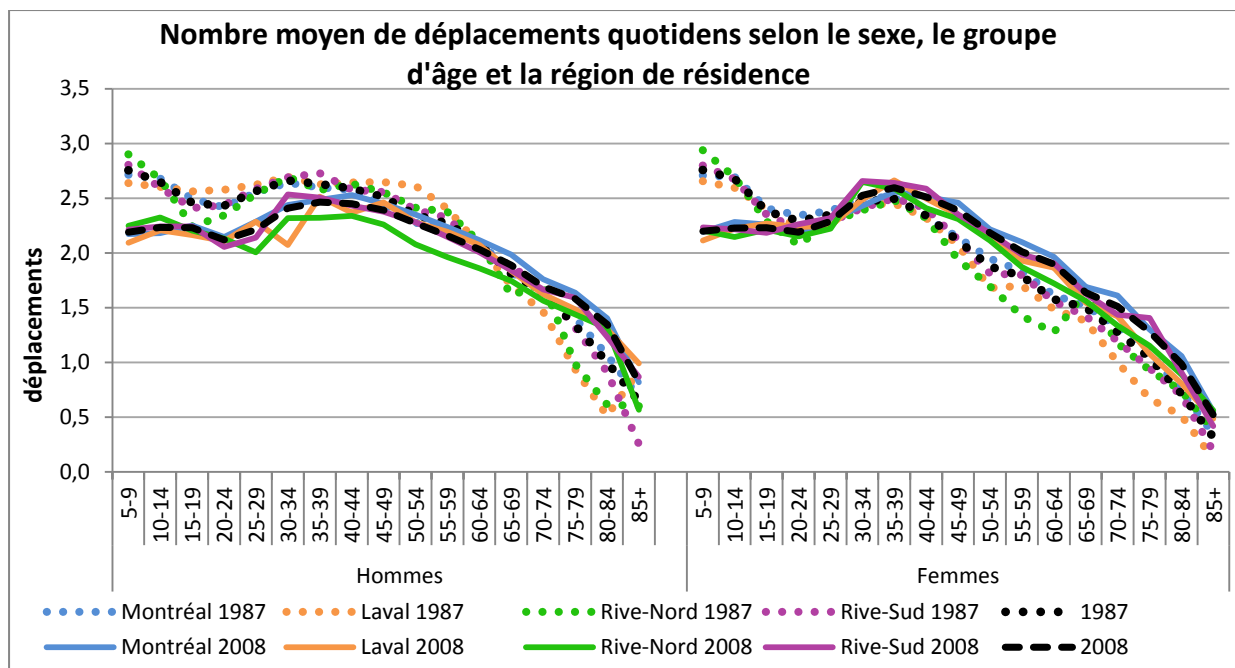


Figure 4-28. Nombre moyen de déplacements quotidiens selon le sexe, le groupe d'âge et la région de résidence

Malgré l'allure globale et l'intensité similaires des courbes-périodes Lavalloises de celles de la population de référence, on remarque des effets d'âge et de cohorte différents, qui sont présentés à la Figure 4-29. Dans la sous-population masculine Lavalloise, le creux dans l'intensité de la mobilité quotidienne associé aux âges de jeune vie active est décalé d'une dizaine d'année en 2008, passant de 20-24 ans à 30-34 ans.

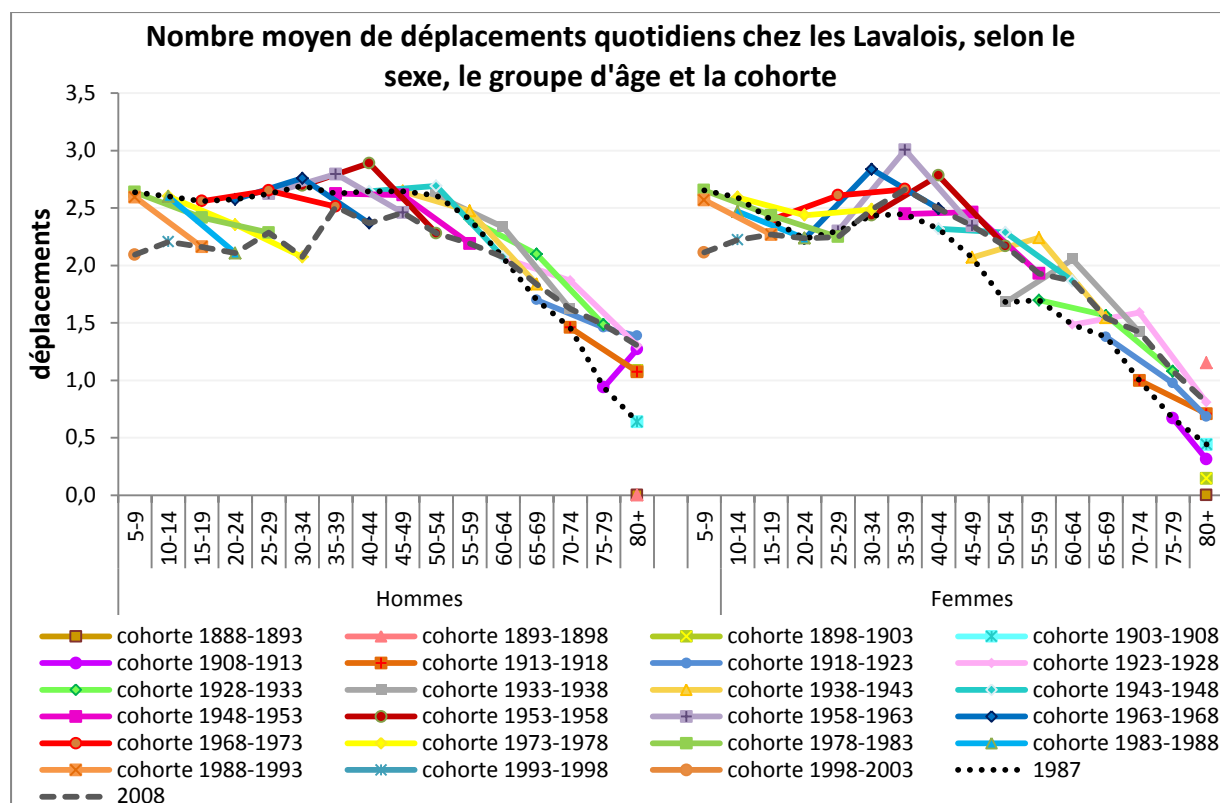


Figure 4-29. Nombre moyen de déplacements quotidiens chez les Lavallois selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte

Le niveau d'offre de transport lourd (métro ou train) qui est lié à la localisation résidentielle semble peu affecter le nombre de déplacements quotidiens (Figure 4-30). Les courbes-périodes de tous les niveaux d'offre suivent de très près les courbes-périodes générales. Les individus qui ne bénéficient d'aucune offre de transport lourd enregistrent une mobilité légèrement inférieure. Chez les hommes voisins d'une station de métro, on remarque que la mobilité quotidienne est plus importante en 2008 qu'en 1987 à partir de 40 ans, alors que ce n'est qu'à partir de 65 ans qu'on observe les mêmes effets de période dans la population en général.

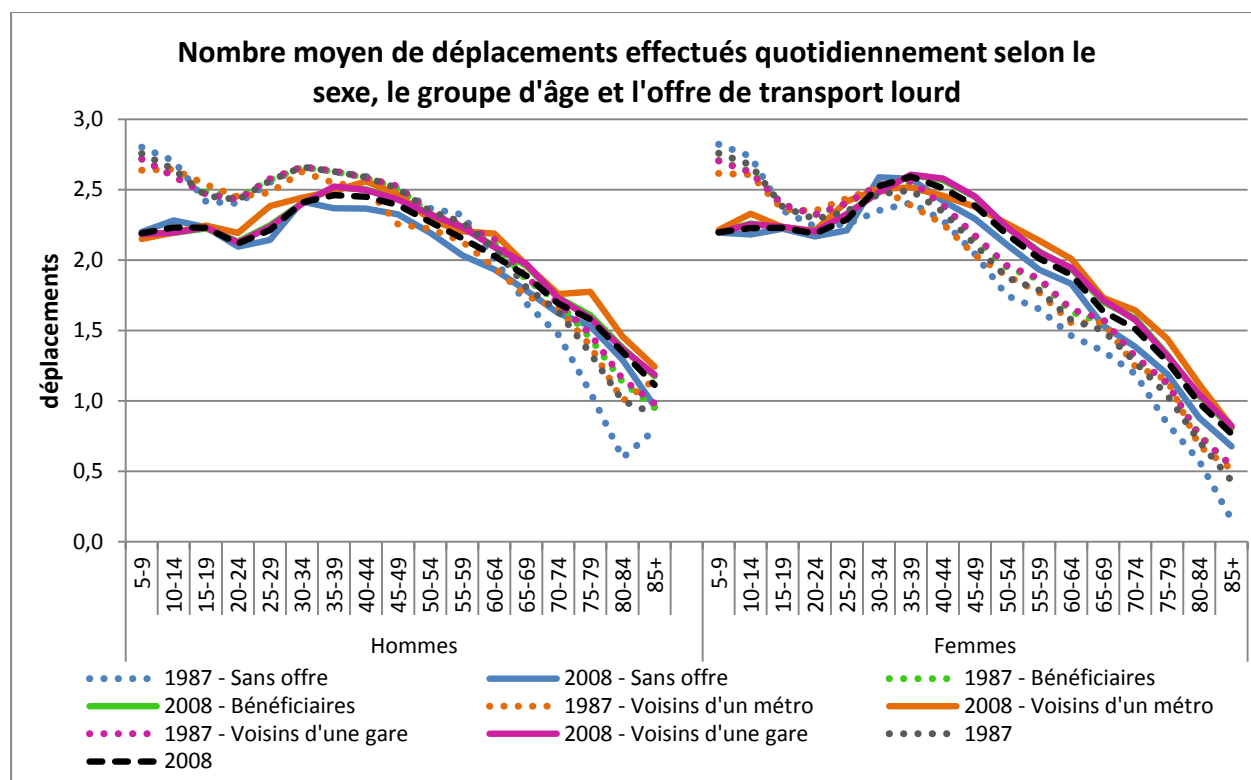


Figure 4-30. Nombre moyen de déplacements quotidiens selon le sexe, le groupe d'âge et l'accès à des modes de transport lourd à proximité

### 4.3.3 Part modale auto des déplacements études

La littérature fait état d'une tendance selon laquelle les déplacements *études* seraient réalisés de plus en plus souvent en voiture. Cette section tente donc de faire la lumière sur les éléments qui pourraient soutenir la prise en importance de cette nouvelle tendance. Bien entendu, la population de référence est celle composée des déplacements ayant été effectués pour un motif *études* et touche donc généralement des individus plus jeunes que ceux pris en compte dans l'étude des indicateurs de mobilité précédents. En raison de faibles nombres d'observations lorsque qu'on segmente l'ensemble des déplacements selon les caractéristiques de l'individu (âge et cohorte, en plus d'une autre variable indépendante), les déplacements effectués par des individus de plus de 40 ans ont été regroupés pour l'analyse descriptive. Le mode auto considéré regroupe les modes auto-conducteur et auto-passager peu importe l'âge de l'individu ayant réalisé le déplacement. L'observation de la figure ci-dessous permet d'appréhender les effets de genre, d'âge, de période et de cohorte. On remarque d'abord que l'allure générale des courbes-cohortes semble peu



influencée par le genre. La part modale auto des déplacements *études* diminue d'abord entre 5-9 ans et 10-14 ans, pour ensuite prendre de l'importance avec l'âge. Les proportions atteignent leur apogée chez les 40 ans et plus. Les effets d'âge sont plus importants en 1987 et en 1998 qu'en 2008. Les cohortes les plus vieilles ont des comportements très différents selon leur genre. Chez les hommes, plus la cohorte est ancienne et plus la part modale auto des déplacements *études* est forte, alors qu'on observe le phénomène inverse chez les femmes. Comme il y a très peu d'observations pour chacune de ces cohortes, les analyses ne seront pas davantage approfondies.

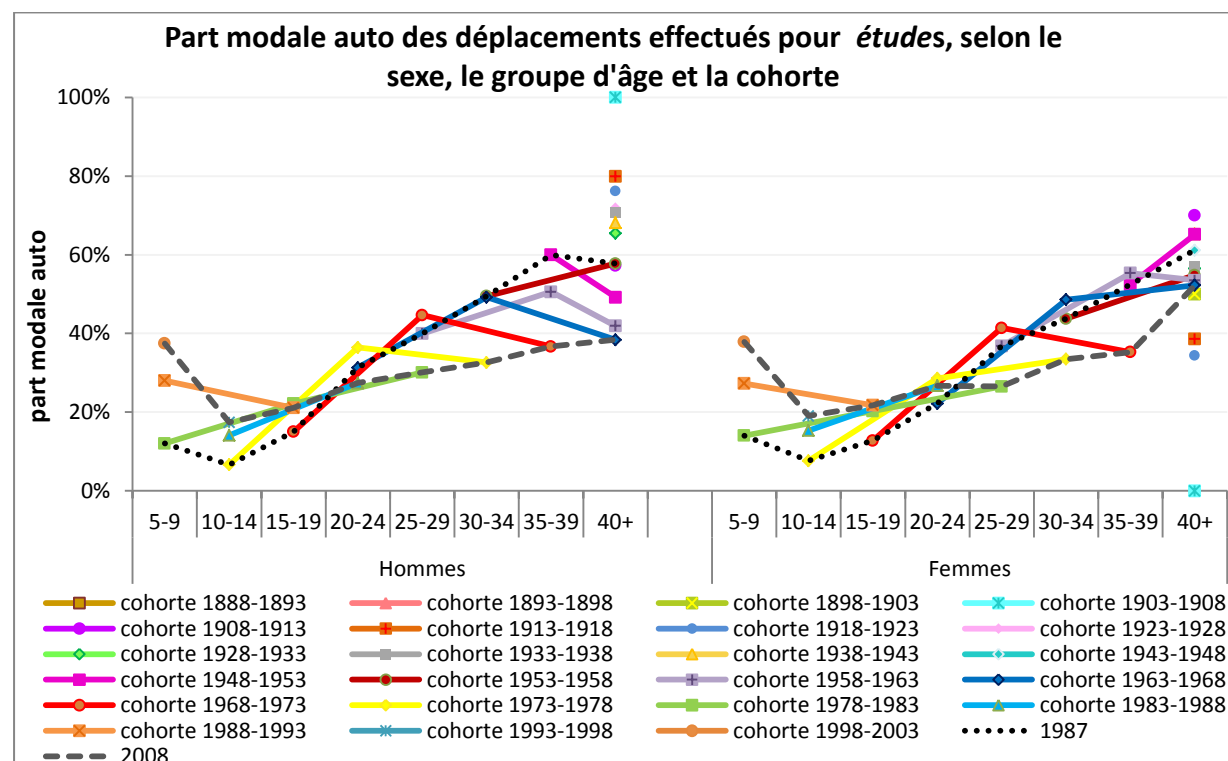


Figure 4-31. Part modale Auto des déplacements *études*, selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte

On remarque qu'il y a davantage de déplacements *études* réalisés en auto chez les plus jeunes en 2008 qu'en 1987, ce qui appuie l'identification du phénomène en tendance émergente. Au-delà de 20 ans, cependant, la part modale de l'auto est plus faible en 2008 que pour les autres années d'enquête et aurait ainsi perdu en importance ces dernières dix années. La différence entre 2008 et les autres périodes est plus flagrante chez les hommes que chez les femmes.

On s'attend évidemment à ce que la motorisation influence fortement la part modale auto des déplacements *études*. Comme le démontre la Figure 4-32, la part modale auto est très faible pour

les déplacements *études* effectués par des individus *sans-autos*, quel que soit leur genre ou la période. L'effet de la motorisation partagée est amplifié pour les déplacements *études* réalisés par des hommes. La part modale auto des déplacements *études* est particulièrement forte lorsque les déplacements sont réalisés par des individus *auto-suffisants*. Les effets de cohorte et de période ne diffèrent pas de manière significative pour les parts modales auto lorsque les déplacements *études* sont effectués par des individus *auto-partagées* et *auto-suffisants* et il ne semble pas y avoir de tels effets pour les déplacements réalisés par des individus *sans-autos*.

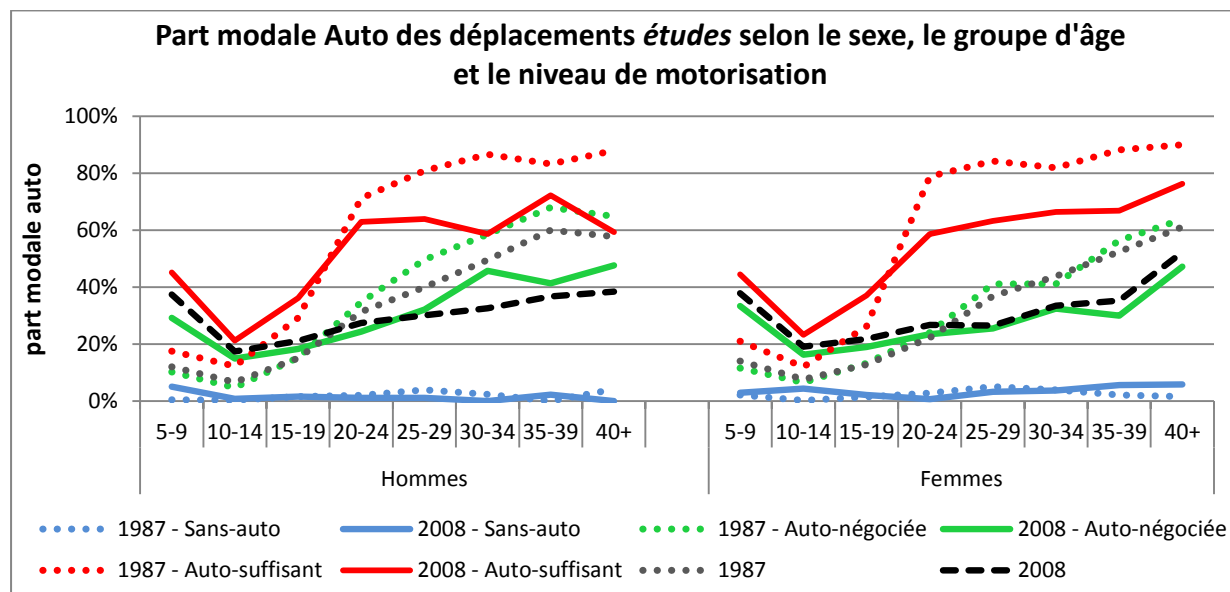


Figure 4-32. Part modale Auto des déplacements *études* selon le sexe, le groupe d'âge et le niveau de motorisation

Selon la Figure 4-33, la taille du ménage a une incidence sur le choix modal des déplacements effectués pour motif *études*. Elle ne semble pas avoir d'impacts appréciables lorsque le déplacement est effectué par un individu âgé de moins de 20 ans, les courbes-périodes de diverses tailles de ménage étant calquée de très près sur les courbes-période moyennes.

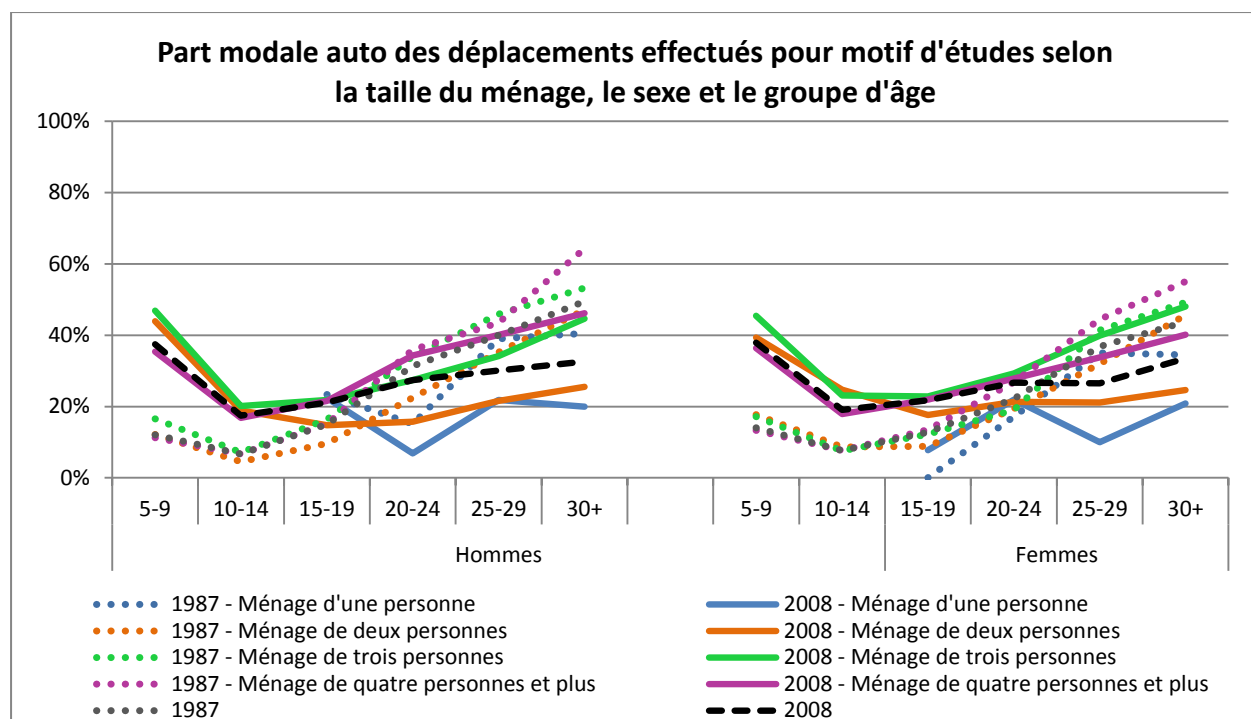


Figure 4-33. Part modale auto des déplacements *études* selon la taille du ménage, le sexe et le groupe d'âge

La part modale auto des déplacements *études* réalisés par des individus habitant seuls est la plus faible lorsqu'on considère les déplacements selon la taille de ménage. La forme des courbes-périodes liés aux hommes habitant seuls est différente de celle des femmes seules. Alors qu'on remarque que la part modale auto est plus faible pour les déplacements *études* des hommes de 20-24 ans, mais augmente ensuite, pour les déplacements des femmes seules, elle est d'abord assez élevée pour diminuer aux groupes d'âge de 25-29 ans et ensuite subir une hausse. L'appartenance à un ménage de deux personnes correspondrait également à une part modale auto des déplacements *études* inférieure à la moyenne ou à celle observée chez les ménages plus nombreux. La part modale des déplacements *études* effectués par des individus habitant dans un ménage de trois personnes est plus forte que la moyenne, peu importe la période. L'appartenance à un ménage de trois ou celle à un ménage de quatre personnes et plus semble avoir des effets assez similaires sur le choix modal. Quoiqu'il y ait peu de différences entre les genres, quelques-unes peuvent être relevées. En 2008, les femmes habitant dans un ménage de trois personnes présentent une part modale auto des déplacements *études* plus élevée que celles qui habitent un ménage plus grand et l'écart à la part modale moyenne est amplifié en

comparaison des hommes. Finalement, malgré l'apparence de similarité des effets de période dans toutes les sous-populations selon la taille du ménage, les effets de période disparaissent au-delà de 25 ans pour les déplacements effectués par des femmes habitant dans un ménage de trois personnes.

La Figure 4-34 s'intéresse aux effets de la présence d'enfants dans le ménage. Les individus n'habitant pas avec des enfants ont une part modale auto pour les déplacements *études* plus faible que la moyenne, alors que ceux habitant avec des enfants dans leur ménage ont tendance à afficher une part modale pour l'automobile plus élevée.

Les mêmes effets de période sont observés dans la population totale et dans les populations masculines vivant avec au moins un enfant. Chez les femmes en général, la part modale auto est plus importante en 1987 qu'en 2008 pour les femmes âgées de plus de 25 ans, ce n'est le cas que pour celles âgées de 30 ans et plus lorsqu'il y a des enfants dans le ménage.

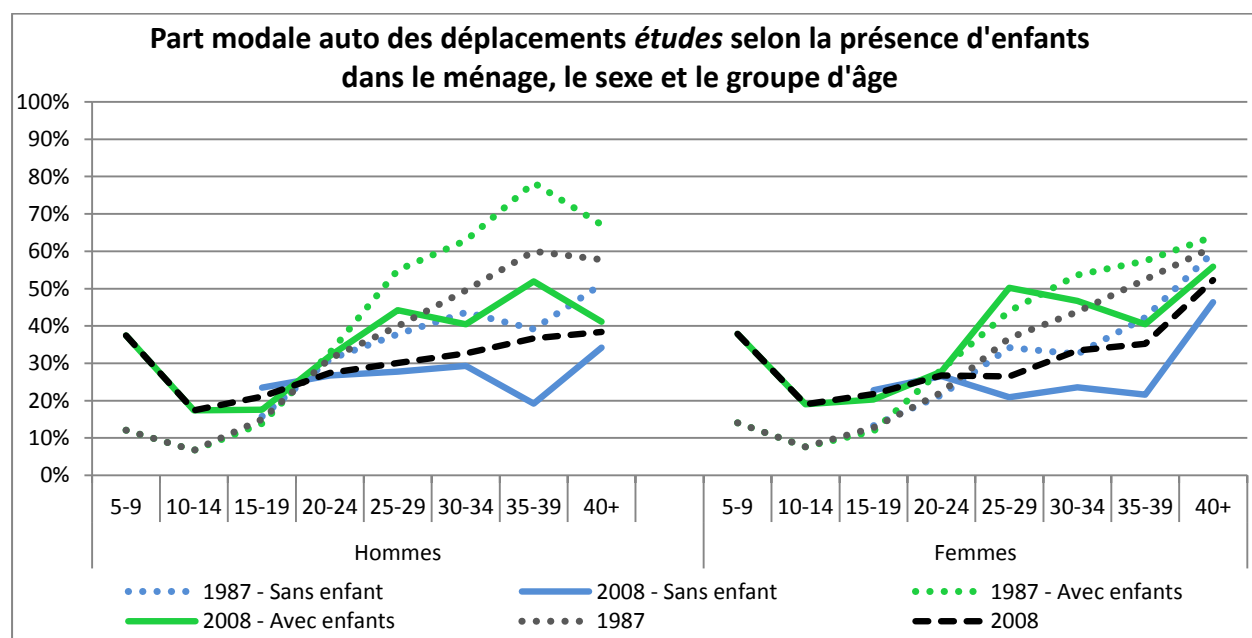


Figure 4-34. Part modale auto des déplacements *études* selon la présence d'enfants dans le ménage, le sexe et le groupe d'âge

Selon la Figure 4-35, l'âge des enfants présents dans le ménage a des conséquences. En 1987, la présence d'enfants de chaque groupe d'âge vient tout à tour niveler la part modale auto vers le haut, selon l'âge de la femme. Chez les femmes entre 20 à 30 ans, c'est la présence d'enfants de

moins de 5 ans qui affecte le plus la part modale. Puis, chez celles de 30 ans, ce sont les enfants de 5 à 10 ans dans le ménage qui ont davantage d'influence.

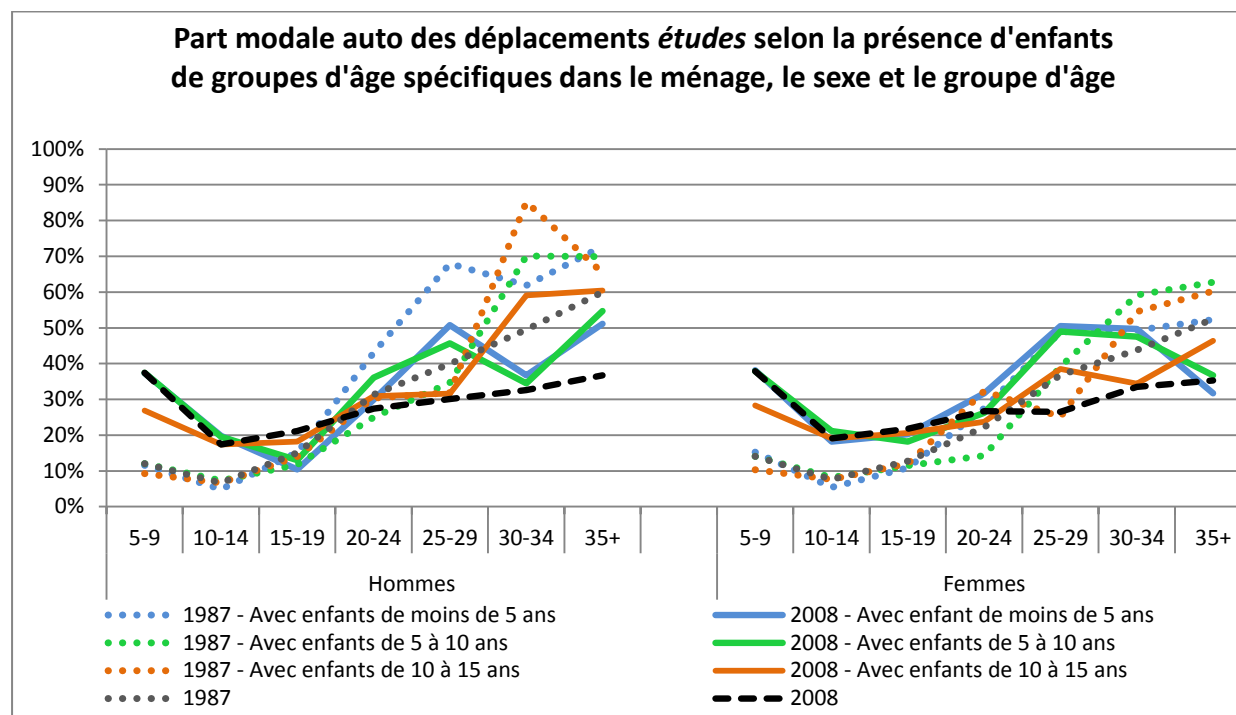


Figure 4-35. Part modale auto des déplacements études selon la présence d'enfants de groupes d'âge spécifiques dans le ménage, le sexe et le groupe d'âge

La tendance semble démontrer que c'est après l'âge de 35 ans que la présence d'enfants plus âgés affecte de façon plus marquée la part modale auto des déplacements études, tendance qui semble se maintenir pour la période 2008.

Certains effets de cohorte sont différents à l'intérieur des sous-populations formées par la présence d'enfants d'âge spécifique dans le ménage.

Grâce à la Figure 4-36, qui s'intéresse particulièrement à la présence d'enfants âgés de moins de 5 ans, on peut observer que les hommes habitant en présence d'au moins un enfant de moins de 5 ans qui appartiennent aux cohortes 1953-1958 et 1958-1963 ont des comportements différents de ceux des hommes appartenant aux mêmes cohortes dans la population de référence. Alors qu'en moyenne, ces deux cohortes sont amenées à afficher une part modale auto de leurs déplacements études généralement plus importante au cours de leur vieillissement, on remarque le phénomène inverse dans la sous-population concernée

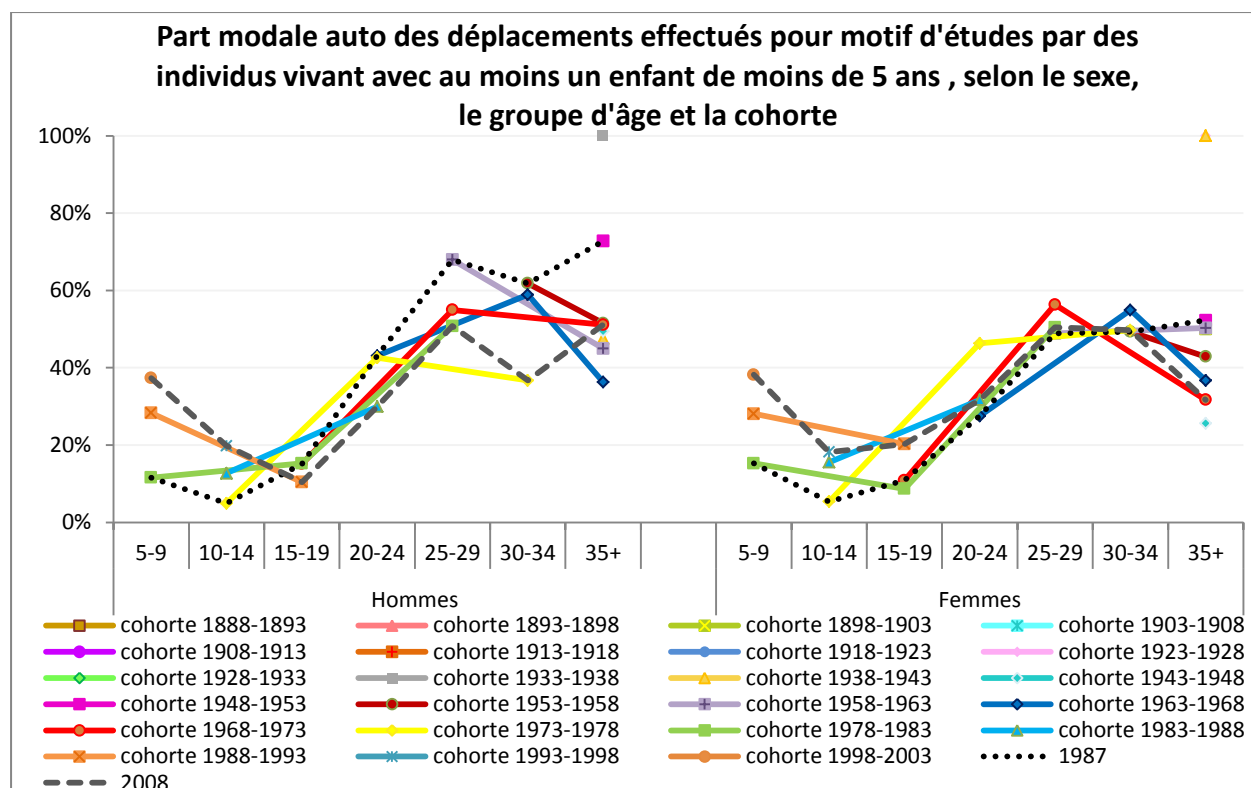


Figure 4-36. Part modale auto des déplacements *études* par des individus vivant avec au moins un enfant de moins de 5 ans, selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte

Comme le présente la Figure 4-37, les femmes habitant avec au moins un enfant âgé de 10 à 15 ans qui sont issues de la cohorte 1968-1973, présentent un comportement qui se différencie de celui des femmes de la même cohorte dans la population globale. Alors que la part modale auto des déplacements *études* que ces premières effectuent demeure faible de 15 ans à 25 ans, pour ensuite prendre en intensité, la part modale auto des déplacements *études* des dernières prend beaucoup d'importance entre 15 ans et 25 ans, pour ensuite diminuer légèrement.

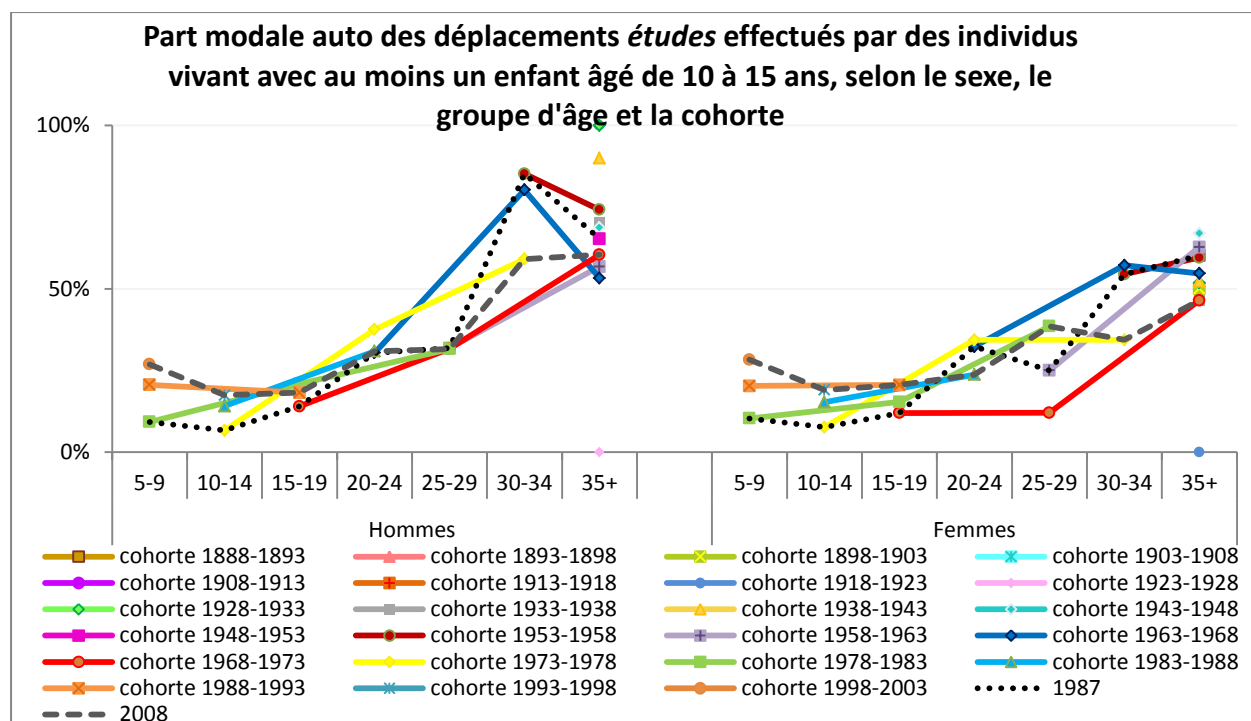


Figure 4-37. Part modale auto des déplacements *études* par des individus vivant en présence d'au moins un enfant âgé de 10 à 15 ans, selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte

La localisation résidentielle est une variable importante dans le choix du mode de transport emprunté pour réaliser les déplacements *études*, mais seulement au-delà de l'âge de 15 ans (Figure 4-38). Les individus habitant à l'extérieur de l'île de Montréal affichent une part modale auto beaucoup plus élevée que celle des Montréalais ou celle de la moyenne. Les Montréalais et Montréalaises sont d'ailleurs ceux qui exécutent la moins grande part de leurs déplacements *études* en auto, particulièrement en 2008. La part modale auto est la plus importante chez les résidents(e) de la rive-nord, particulièrement en 1987. Les résidents de la rive-sud voient la part modale auto des déplacements *études* qu'ils effectuent être au-dessus de la moyenne et cette part modale a très peu changé au travers des périodes. Finalement, la part modale auto des déplacements *études* des Lavallois était très forte et se rapprochait de celle des résidents de la rive-nord en 1987, mais elle est beaucoup plus faible en 2008. L'amplitude des différences entre les courbes-période est particulièrement imposante chez les Lavalloises.

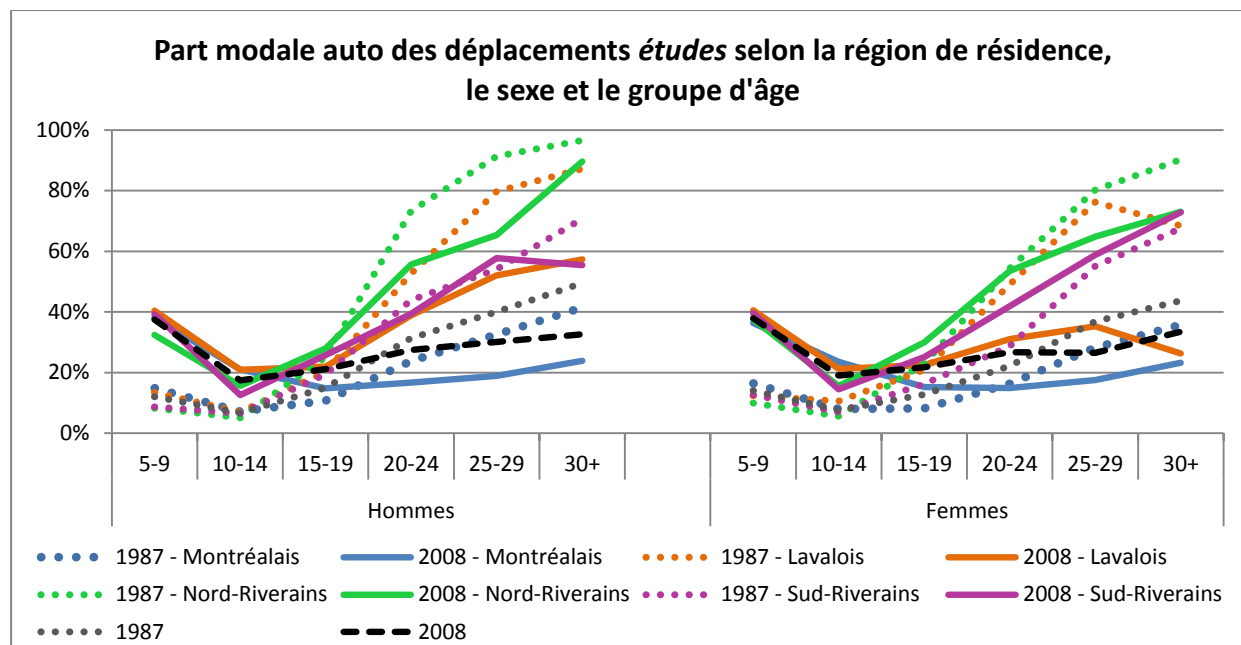


Figure 4-38. Part modale auto des déplacements *études* selon la région de résidence, le sexe et le groupe d'âge

Les effets de période (la part modale auto des déplacements *études* plus importante en 1987) sont maintenus et même devancés à des groupes d'âge plus jeunes pour tous les individus issus des sous-populations Montréalaises, Nord-riveraine et Lavalloises.

Certains effets de cohorte sont clairement différents parmi les hommes résidant à Laval (Figure 4-39). La part modale auto des déplacements *études* associée à la cohorte 1958-1963 diminue après 25 ans, alors que dans la population en général, cette part modale se stabilise à peu près à partir du même âge. La cohorte 1968-1973, toujours chez les hommes Lavallois, présentent une part modale auto des déplacements *études* qui devient très importante au fil du vieillissement, évolution différente de ce qu'on observe dans la population en général.





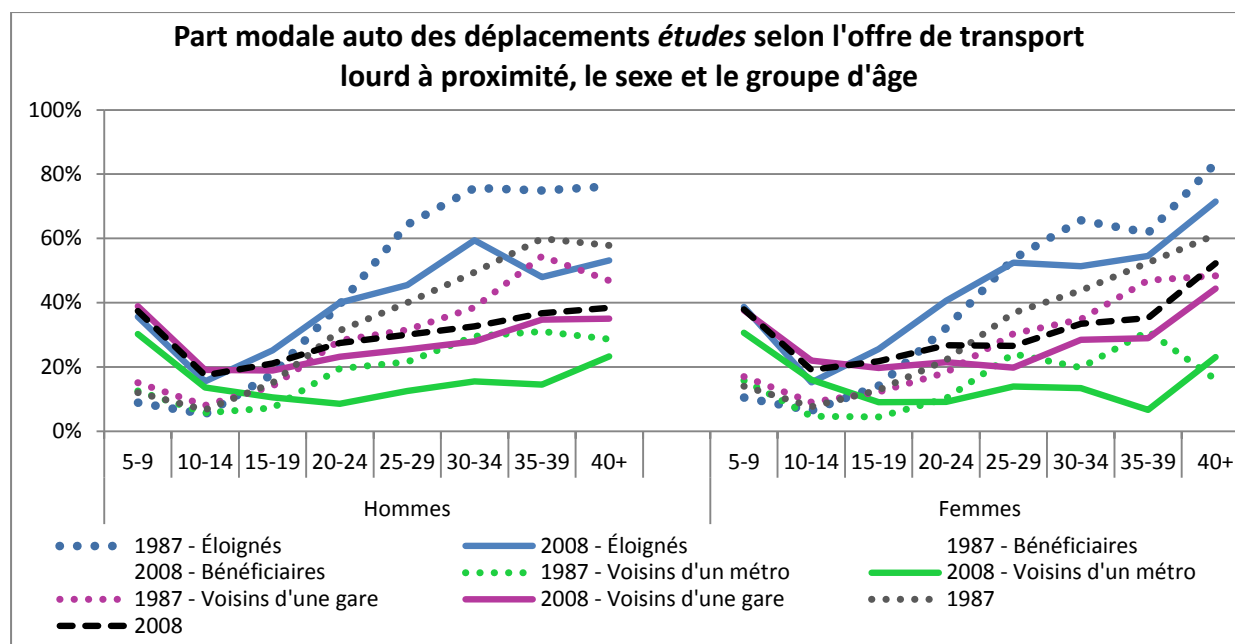


Figure 4-40. Part modale auto des déplacements *études* selon l'offre de transport lourd à proximité, le sexe et le groupe d'âge

Il ne semble pas y avoir d'effets de cohorte appréciables sur la part modale auto des déplacements *études* dans les différentes sous-populations.

#### 4.3.4 Part modale du transport en commun des déplacements *travail*

La part modale du transport en commun (TC) sur l'ensemble des déplacements effectués pour motif *travail* semble être influencée par le genre. Elle est plus élevée chez les femmes, même si l'écart s'amincit en 2008. L'effet de l'âge est clairement visible (Figure 4-41), la part modale du TC est plus importante chez les jeunes travailleurs et devient plus faible au cours des âges pour se stabiliser vers 40 ans. Ce n'est qu'en 1987 et chez les femmes seulement, qu'un autre effet d'âge entraînait avec le vieillissement la part modale du TC des travailleuses vers des proportions allant jusqu'à environ 50%.

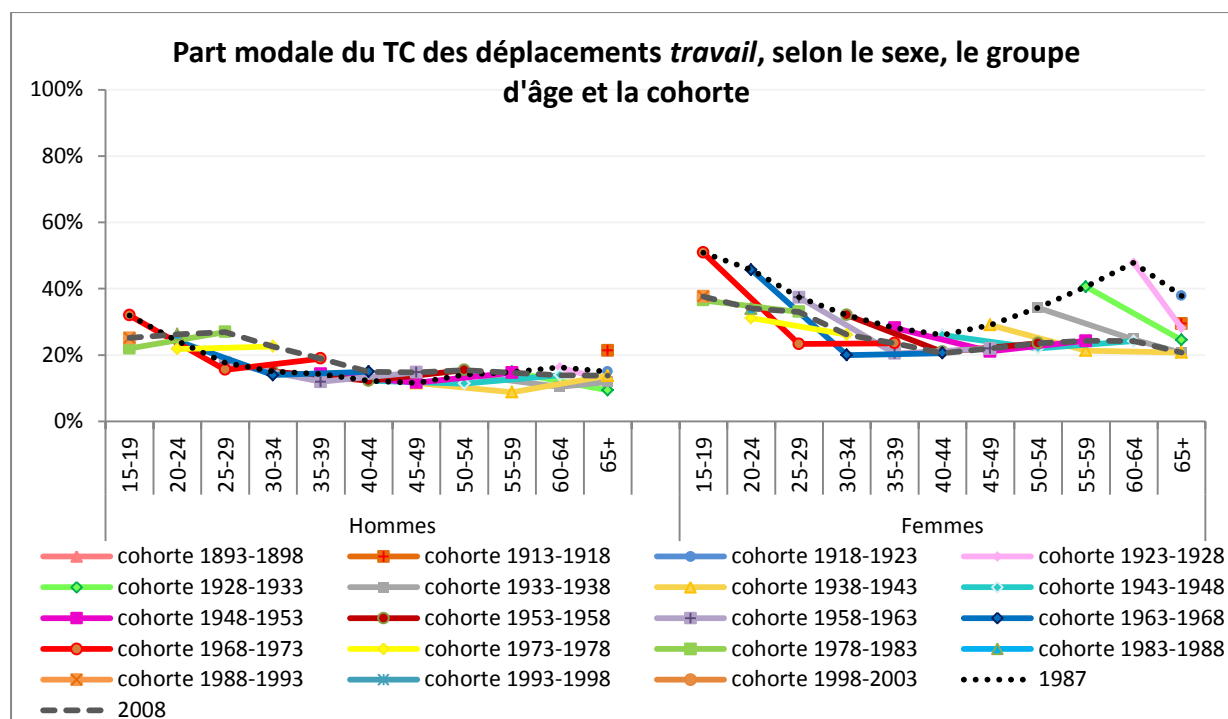


Figure 4-41. Part modale du TC des déplacements *travail* selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte

Les effets de périodes diffèrent selon le sexe. Alors que chez les travailleuses, la part modale du TC demeure plus importante en 1987 qu'en 2008, on remarque un phénomène nouveau chez les travailleurs. En 2008, les hommes entre 20 et 40 ans se rendent plus souvent au travail en TC qu'en 1998 et qu'en 1987.

La disponibilité d'une voiture peut naturellement influencer le choix modal. La Figure 4-42 présente la part modale du TC des déplacements *travail*, qui varie d'une sous-population à une autre lorsque les individus sont groupés selon leur niveau de motorisation. Les individus *sans-autos* sont ceux qui effectuent la plus grande part de leurs déplacements *travail* en TC et, à l'inverse, ceux qui sont *auto-suffisants* sont ceux qui prennent le moins le TC pour le travail. Les individus qui partagent une voiture ont des comportements assez similaires à ceux de la population en général.

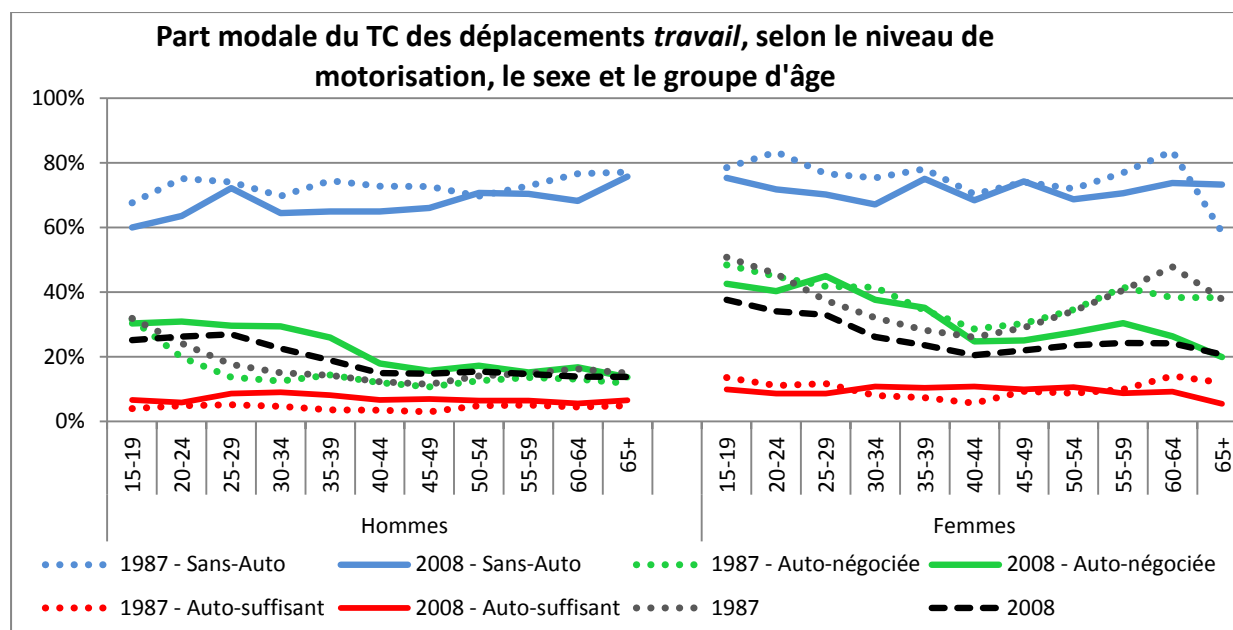


Figure 4-42. Part modale du TC des déplacements *travail* selon le niveau de motorisation, le sexe et le groupe d'âge

On remarque qu'à l'intérieur de chacune des sous-populations analysées, il y a très peu de différences selon le genre ou selon la période. Les différences les plus intéressantes se retrouvent chez les *auto-négociées*, puisqu'on remarque que les femmes de cette sous-population effectuent une bien plus grande part de leurs déplacements *travail* en TC que les hommes de la même sous-population, à l'instar de ce qui est observé dans la population totale. D'ailleurs, elles présentent une part modale TC plus élevée que la moyenne en 2008 pour les déplacements *travail*. En général, la part modale du TC pour les déplacements *travail* était plus importante en 1987 qu'en 2008 chez les individus *sans-autos*.

Il n'y a pas d'effets de cohorte qui se démarquent suffisamment pour être ici mentionnés.

La taille du ménage est un élément qui pourrait encourager le choix d'un mode de transport pour les déplacements *travail*. La différence entre les parts modales relatives aux différentes tailles de ménage est toutefois modeste, comme le démontre la Figure 4-43.

Il semble que, plus le ménage est de petite taille, plus souvent les individus qui le composent effectuent leurs déplacements *travail* en TC. Les individus qui habitent seuls sont plus susceptibles de réaliser leurs déplacements *travail* en TC que la moyenne, ou que les individus vivant dans des ménages à plusieurs personnes. Les ménages comptant plus de trois personnes

semblent ont une part modale du TC pour les déplacements *travail* équivalente ou inférieure à la moyenne.

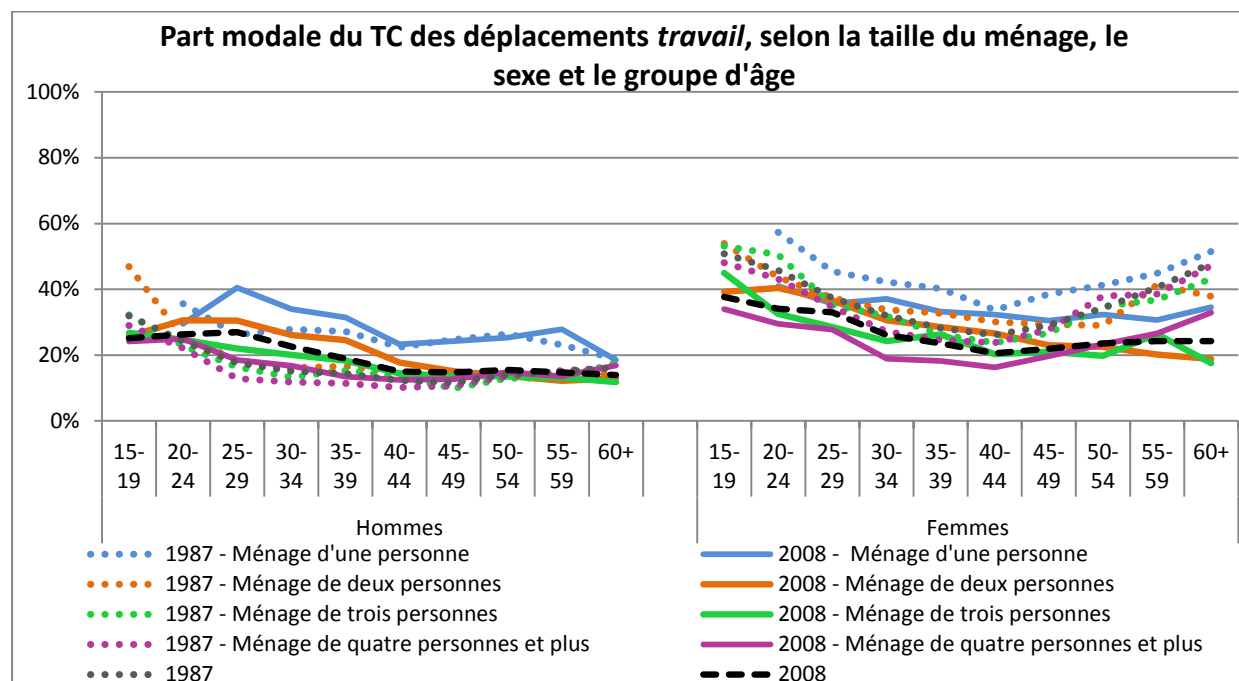


Figure 4-43. Part modale du TC des déplacements *travail* selon la taille du ménage, le sexe et le groupe d'âge

En 2008, la part modale est légèrement au-dessus de la moyenne jusqu'à l'âge de 45 ans en ce qui concerne les individus vivant dans un ménage de deux personnes, mais reste similaire à la moyenne en 1987. En somme, les effets de période semblent à peu près inchangés de ceux de la population de référence parmi les différentes sous-populations par taille de ménage.

Parallèlement à la taille, l'intérêt que l'on porte aux enfants vivant dans un ménage s'explique par leur propension à affecter la mobilité (Figure 4-44). On s'attendra donc à ce que leur présence oriente le choix modal. Les individus âgés de 25 à 40 ans qui vivent sans enfants présentent ainsi une part modale du TC plus importante que celle affichée par la population globale. Quant à ceux qui vivent avec des enfants, on observe que la part modale du TC dans leur cas est diminuée pour les mêmes groupes d'âge. Les effets de période et de cohorte ne semblent pas se différencier de façon appréciable de ce qui a été relevé de la population dans son ensemble. L'âge et le niveau scolaire des enfants habitant dans le ménage ne semblent pas avoir une influence considérable sur la part modale du TC des déplacements *travail*.



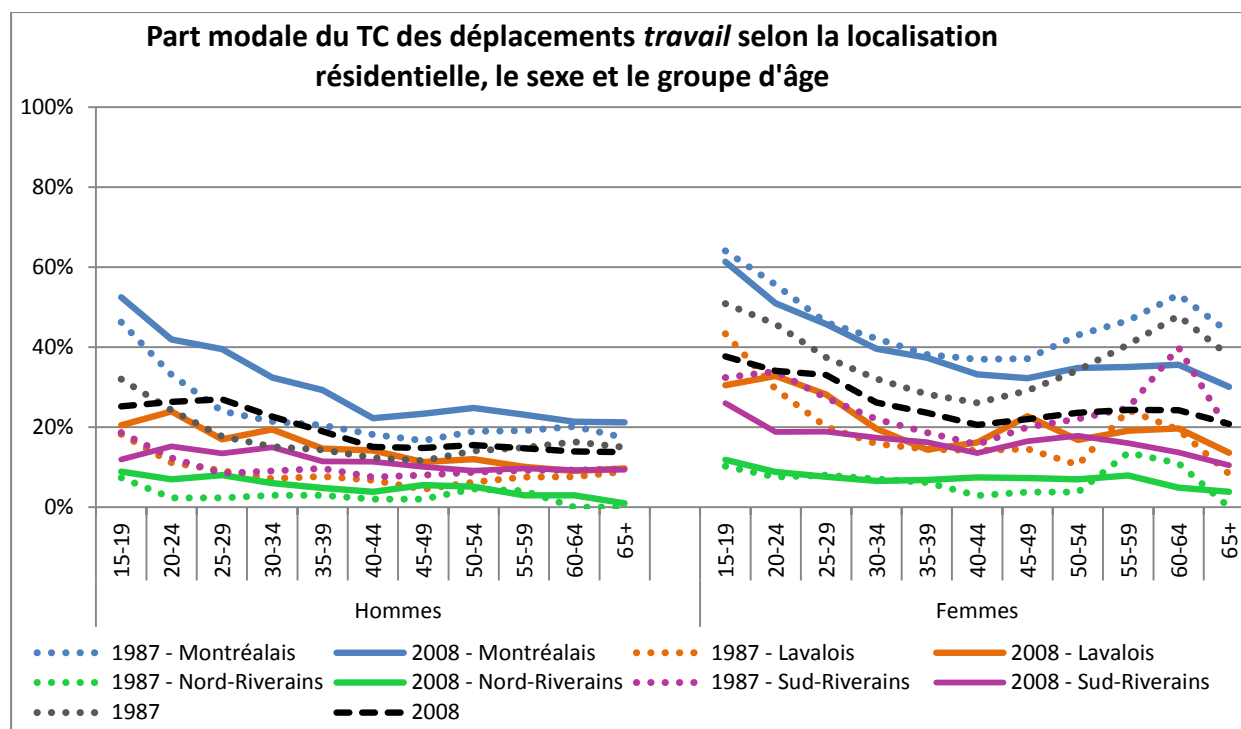


Figure 4-45. Part modale du TC des déplacements *travail* selon la localisation résidentielle, le sexe et le groupe d'âge

On remarque que l'écart avec la moyenne s'est considérablement réduit en 2008 pour les Lavallois, des effets de période différents sont donc pointés. Les effets de période sont à peu près reconduits en ce qui concerne les autres sous-populations, mais amenuisés chez les femmes habitant sur l'une ou l'autre des deux rives. Il n'y a pas d'effets de cohorte d'intérêt dans les sous-populations composées selon la localisation résidentielle.

L'offre de transport lourd à proximité de la résidence constitue une incitation à l'utilisation des transports en commun. On s'attend naturellement à ce que les individus qui vivent à proximité des installations présentent une part modale du TC pour leurs déplacements *travail* supérieure à celle de ceux qui habitent trop loin pour en profiter. Ainsi, tel que présenté à la Figure 4-46, les individus voisins d'un métro sont ceux qui prennent le plus souvent le TC pour les déplacements *travail*, et les éloignés, le moins souvent. Les bénéficiaires de quelque offre et les voisins d'une gare, qui ont des comportements à peu près identiques puisque les sous-populations sont composées presque des mêmes individus, agissent de façon semblable à la population globale.

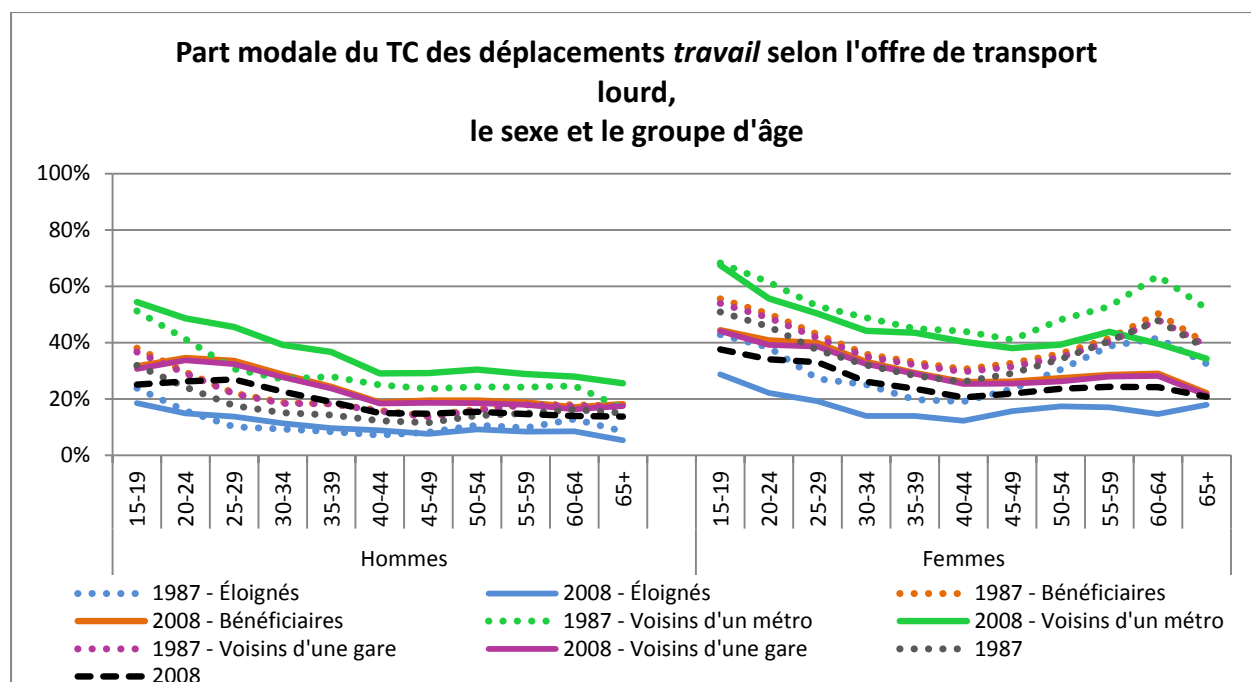


Figure 4-46. Part modale du TC des déplacements *travail* selon l'offre de transport lourd à proximité, le sexe et le groupe d'âge

Alors qu'il n'y a pas d'effets de période chez les hommes éloignés d'une offre de transport lourd, les effets sont encore bien visibles chez les femmes ayant le même type d'offre de transport. Les effets de période et de cohorte relatifs aux sous-populations selon l'offre de transport ne sont pas particuliers.

#### 4.4 Discussion

Une brève description des données (section 4.1) et de deux grandes tendances sociales (section 4.2) a été réalisée dans le dernier chapitre, soit l'intensification de la motorisation et le vieillissement de la population. Un vieillissement plus rapide observé dans les banlieues et les couronnes proches, l'importance de la proportion des personnes âgées augmentant de façon plus marquée à ces endroits. En même temps, la proportion de la population composée par les 15 ans et moins décline pendant la période étudiée pour les mêmes endroits.

Les analyses démographiques pratiquées sur les indicateurs de mobilité ont permis plusieurs constats, qui sont résumés dans le Tableau 4-1.

Départager les effets d'âge, de période et de cohorte est un mandat difficilement réalisable par la technique d'analyse descriptive en raison de la corrélation entre les variables. La technique reste



toutefois intéressante puisqu'elle permet une segmentation de la population qui constitue une approche préliminaire des effets APC et des effets des variables de ménage et de localisation résidentielle, ce qui favorise la compréhension de la mobilité. L'analyse descriptive facilite ainsi le choix des variables à impliquer dans le processus de modélisation.

.

Tableau 4-1. Synthèse des effets des variables sur les indicateurs de mobilité constatés dans le chapitre 4

Classes de variables	variables	Effets sur les indicateurs				
		Proportion de non-mobiles	Taux de mobilité	Proportion d'auto-suffisants	Part modale auto des déplacements études	Part modale TC des déplacements travail
sexe	homme				positif léger	
	femme	positif léger	diminution plus rapide après 40 ans			positif
Âge	âge	proportion augmente avec l'âge			proportion augmente à partir de 10 ans	léger, selon l'âge et la période
	5-9 ans		négatif	positif		
	10-19 ans		négatif	positif jusqu'à 15 ans, négatif de 15 à 19 ans		
	20-29 ans		positif	positif		
	30-39 ans		positif	positif jusqu'à 35 ans, négatif après 35 ans		
	40-49 ans		négatif	négatif		
	50-59 ans		négatif	négatif		
	60-69 ans		négatif	négatif		
	70-79 ans		négatif	négatif		
	80-89 ans		négatif	négatif		
	90-99 ans		négatif	négatif		

Tableau 4-1. Synthèse des effets des variables sur les indicateurs de mobilité constatés dans le chapitre 4 (suite)

Classes de variables	variables	Effets sur les indicateurs				
		Proportion de non-mobiles	Taux de mobilité	Proportion d'auto-suffisants	Part modale auto des déplacements études	Part modale TC des déplacements travail
Cohorte	cohorte 1898					
	cohorte 1903					
	cohorte 1908					
	cohorte 1913					
	cohorte 1918					
	cohorte 1923					
	cohorte 1928					
	cohorte 1933					
	cohorte 1938					
	cohorte 1943			négatif en 1998		
	cohorte 1948			négatif en 1998		
	cohorte 1953				négatif pour les hommes	
	cohorte 1958				négatif pour les hommes	
	cohorte 1963					
	cohorte 1968				positif	
	cohorte 1973					
	cohorte 1978					
	cohorte 1983					
	cohorte 1988					
	cohorte 1993					
	cohorte 1998					
	cohorte 2003					
	cohorte 2008					

Tableau 4-1. Synthèse des effets des variables sur les indicateurs de mobilité constatés dans le chapitre 4 (suite)

Classes de variables	variables	Effets sur les indicateurs				
		Proportion de non-mobiles	Taux de mobilité	Proportion d'auto-suffisants	Part modale auto des déplacements études	Part modale TC des déplacements travail
Période	Période 1988	positif	différent selon le sexe	négatif	négatif pour les moins de 20 ans, positif pour les plus de 20 ans	positif pour les femmes,
	Période 1998		positif	positif	positif	
	Période 2008	négatif	différent selon le sexe et l'âge	très positif	positif pour les moins de 20 ans, négatif pour les plus de 20 ans	négatif chez les femmes, positif chez les hommes
Motorisation	sans-auto	positif	négatif		négatif	positif
	auto-négociée		légèrement négatif pour les femmes		positif	positif en 2008
	auto-suffisant	négatif	positif		positif	négatif
taille du ménage	1 personne/logis	négatif	positif	positif	négatif	positif
	2 personnes/logis				négatif	
	3 personnes/logis	positif chez les plus âgés		négatif	positif	négatif
	4 personnes et plus/logis	différents selon le sexe et l'âge	négati pour les plus âgés, positif chez les femmes entre 35 et 65 ans	négatif	positif	négatif

Tableau 4-1. Synthèse des effets des variables sur les indicateurs de mobilité constatés dans le chapitre 4 (suite)

Classes de variables	variables	Effets sur les indicateurs				
		Proportion de non-mobiles	Taux de mobilité	Proportion d'auto-suffisants	Part modale auto des déplacements études	Part modale TC des déplacements travail
présence d'enfants	sans enfants				<b>négatif</b>	<b>positif</b>
	min. 1 enfant préscolaire (0-5 ans)	positif pour les femmes	pour les femmes: positif en 2008, négatif en 1987	différents selon le sexe et l'âge	positif pour les plus de 20 ans	
	min. 1 un enfant âgé de 5 à 10 ans		pour les femmes: positif en 2008, négatif en 1988	différents selon le sexe et l'âge	positif pour les plus de 20 ans	
	avec au moins un enfant âgé de 10 à 15 ans		pour les femmes: positif en 2008, négatif en 1989	différents selon le sexe et l'âge	positif pour les plus de 20 ans	
	min. 1 un enfant de niveau primaire*		pour les femmes: positif en 2008, négatif en 1990	différents selon le sexe et l'âge	positif pour les plus de 20 ans	
	min. un enfant en âge de niveau secondaire*		pour les femmes: positif en 2008, négatif en 1991	différents selon le sexe et l'âge	positif pour les plus de 20 ans	

Tableau 4-1. Synthèse des effets des variables sur les indicateurs de mobilité constatés dans le chapitre 4 (suite)

Classes de variables	variables	Effets sur les indicateurs				
		Proportion de non-mobiles	Taux de mobilité	Proportion d'auto-suffisants	Part modale auto des déplacements études	Part modale TC des déplacements travail
région de résidence	Montréalais			négatif	négatif	positif
	Lavalais	positif chez les plus âgés		positif	positif	négatif
	Nord-Riverain	positif chez les plus âgés, surtout pour les femmes	négatif	positif	positif	négatif
	Sud-Riverain			positif	positif	négatif
offre de transport	sans offre de transport lourd dans un rayon de 5 km	positif	négatif	positif	positif	négatif
	bénéficiaires (avec offre de transport* à l'intérieur d'un rayon de 5 km			négatif		
	voisin d'un métro (à l'intérieur de 1 km)			négatif	négatif	positif
	voisin d'une gare (à l'intérieur de 5 km)			négatif	négatif	positif

## CHAPITRE 5 MODÉLISATION

La revue de littérature et l'analyse descriptive ayant permis d'avoir une connaissance générale de la mobilité de la population dans la grande région de Montréal, la modélisation Âge-Période-Cohorte permettra maintenant d'éclaircir les phénomènes et tendances qui agissent sur celle-ci. Tout en analysant les effets des variables démographiques classiques, l'effet de certaines variables explicatives ajoutées sera également évalué.

Les modélisations sont réalisées pour une série d'indicateurs classiques, qui ont été couverts par l'analyse descriptive préalablement conduite. La probabilité d'être non-mobile et le taux de mobilité quotidien sont les indicateurs de mobilité qui caractérisent l'intensité de la mobilité quotidienne. Afin de valider certaines tendances de la mobilité dans la région montréalaise, la probabilité que le mode auto (conducteur et passager) soit choisi pour un déplacement *études* ainsi que la probabilité que le mode transport en commun (TC) soit choisi pour un déplacement *travail* seront également modélisées. Enfin, nous nous intéresserons à la probabilité d'être *auto-suffisant* afin d'évaluer la croissance de la motorisation. La modélisation du nombre moyen de chaînes de déplacements quotidiennes a également été effectuée. Les résultats étaient très similaires à ceux de la modélisation du taux de modélisation. La modélisation de cet indicateur a donc été mise en annexe, suite à l'analyse descriptive de la variable (ANNEXE I). La détermination du modèle permettra de comprendre comment les variables explicatives influencent le comportement de mobilité par l'analyse des coefficients qui leur sont attachés. Le rôle des variables démographiques d'âge, de période et de cohorte sur la mobilité pourra être décortiqué grâce à une analyse détaillée de leurs effets bruts. Il sera possible à cette étape de valider la présence d'une tendance grâce à l'analyse particulière de l'effet de période. Enfin, la validation permettra d'évaluer si le modèle explique assez bien les comportements de mobilité de la population.

Finalement, une discussion terminera le chapitre de la modélisation et aura pour but de résumer les résultats, mais surtout d'évaluer la pertinence de la modélisation APC pour améliorer les techniques de modélisation de la demande de transport au Québec.

## 5.1 Description des variables

Le Tableau 5-1 présente les variables testées et choisies dans les modèles s'appliquant sur des individus, soit le modèle de la probabilité d'être non-mobile, le modèle du taux de mobilité quotidien et le modèle de la probabilité d'être *auto-suffisant*. Le Tableau 5-2 présente quant à lui les variables qui ont été testées et sélectionnées pour le modèle de la probabilité que le mode auto soit choisi pour un déplacement *étude*, et le Tableau 5-3., celles qui ont été testées et choisies pour le modèle de la probabilité que le mode TC soit choisi pour un déplacement *travail*.

Tableau 5-1. Variables utilisées pour la modélisation de la probabilité d'être non-mobile, le nombre moyen de déplacement quotidien et la probabilité d'être *auto-suffisant*

Classes de variables		Caractéristiques				# Observations = 432 980
		codification	# observation =1 (binaire) ou <i>moyenne (non binaire)</i>	% des observations (binaire) ou <i>Dév. standard (non-binaire)</i>	Min	Max
Variables dépendantes	Statut de non-mobile	binaire	74627	17,24%	0	1
	Nombre de déplacements quotidien	0,1,2,3, ect	<b>2,32</b>	<b>1,6751</b>	0	24
	Statut d' <i>auto-suffisant</i>	binaire	153076	35,35%	0	1
sexe	homme	binaire	210091	48,52%	0	1
	femme	binaire	222889	51,48%	0	1
Âge	groupe d'âge de 5-9 ans	binaire	28708	6,63%	0	1
	groupe d'âge de 10-19 ans	binaire	60242	13,91%	0	1
	groupe d'âge de 20-29 ans	binaire	62878	14,52%	0	1
	groupe d'âge de 30-39 ans	binaire	73195	16,90%	0	1
	groupe d'âge de 40-49 ans	binaire	72048	16,64%	0	1
	groupe d'âge de 50-59 ans	binaire	58612	13,54%	0	1
	groupe d'âge de 60-69 ans	binaire	42813	9,89%	0	1
	groupe d'âge de 70-79 ans	binaire	24661	5,70%	0	1
	groupe d'âge de 80-89 ans	binaire	8756	2,02%	0	1
	groupe d'âge de 90-99 ans	binaire	1067	0,25%	0	1
Période	Période 1988	binaire	130197	30,07%	0	1
	Période 1998	binaire	154045	35,58%	0	1
	Période 2008	binaire	148738	34,35%	0	1
Cohorte	cohorte 1898	binaire	174	0,04%	0	1
	cohorte 1908	binaire	213	0,49%	0	1
	cohorte 1918	binaire	9129	2,11%	0	1
	cohorte 1928	binaire	24227	5,60%	0	1
	cohorte 1938	binaire	38317	8,85%	0	1
	cohorte 1948	binaire	56117	12,96%	0	1
	cohorte 1958	binaire	76122	17,58%	0	1
	cohorte 1968	binaire	79953	18,47%	0	1
	cohorte 1978	binaire	60611	14,00%	0	1
	cohorte 1988	binaire	459	10,60%	0	1
	cohorte 1998	binaire	32263	7,45%	0	1
	cohorte 2008	binaire	8037	1,86%	0	1



Tableau 5-1. Variables utilisées pour la modélisation de la probabilité d’être non-mobile, le nombre moyen de déplacement quotidien et la probabilité d’être auto-suffisant (Suite)

Classes de variables		Caractéristiques			# Observations = 432 980	
		codification	# observation =1 (binaire) ou moyenne (non binaire)	% des observations (binaire) ou Dév. standard (non-binaire)	Min	Max
Motorisation	sans-auto	binaire	59348	13,71%	0	1
	auto-négociée	binaire	220556	50,94%	0	1
	auto-suffisant	binaire	153076	35,35%	0	1
taille du ménage	1 personne/logis	binaire	45504	10,51%	0	1
	2 personnes/logis	binaire	128400	29,65%	0	1
	3 personnes/logis	binaire	87898	20,30%	0	1
	4 personnes et plus/logis	binaire	171178	39,53%	0	1
présence d'enfants	avec au moins un enfant préscolaire (0-5 ans)	0, 1, 2, 3, ect	0,15	0,44188	0	5
	avec au moins un enfant âgé de 5 à 10 ans	0, 1, 2, 3, ect	0,26	0,57209	0	5
	avec au moins un enfant âgé de 10 à 15 ans	0, 1, 2, 3, ect	0,28	0,58028	0	6
	avec au moins un enfant de niveau primaire*	0, 1, 2, 3, ect	0,42	0,76979	0	7
	avec au moins un enfant en âge de niveau secondaire*	0, 1, 2, 3, ect	0,17	0,42498	0	4
région de résidence	Montréalais	binaire	216699	50,05%	0	1
	Lavalais	binaire	42700	9,86%	0	1
	Nord-Riverain	binaire	64176	14,82%	0	1
	Sud-Riverain	binaire	109405	25,27%	0	1
	distance du centre-ville (Km)	continu	16,61	12,03544	0,09	83,56
classe de densité	densité <1000 pers/km² (1)	binaire	103185	23,83%	0	1
	densité 1000 - 3000 pers/km² (2)	binaire	111075	25,65%	0	1
	densité 3000 - 4500 pers/km² (3)	binaire	6515	15,05%	0	1
	densité 4500 - 6000 pers/km² (4)	binaire	34244	7,91%	0	1
	densité 6000 - 7500 pers/km² (5)	binaire	2611	6,03%	0	1
	densité 7500 - 9000 pers/km² (6)	binaire	207	4,78%	0	1
	densité 9000 - 10500 pers/km² (7)	binaire	17252	3,98%	0	1
	densité 10500 - 12000 pers/km² (8)	binaire	14142	3,27%	0	1
	densité 12000 - 14000 pers/km² (9)	binaire	14111	3,26%	0	1
	densité >14000 pers/km² (10)	binaire	27011	6,24%	0	1
offre de transport	metro 500m	binaire	45000	10,39%	0	1
	metro 1 km	binaire	82022	18,94%	0	1
	gare 1 km	binaire	37497	8,66%	0	1
	gare 2,5 km	binaire	135829	31,37%	0	1
	gare 5 km	binaire	239791	55,38%	0	1

Tableau 5-2. Variables utilisées pour la modélisation de la probabilité que le mode auto soit choisi pour un déplacement *étude*

Classes de variables		Caractéristiques				# Observations = 103 680 déplacements	
		codification	# observation =1 (binaire) ou <b>moyenne (non binaire)</b>	% des observations (binaire) ou <b>Dév. standard (non-binaire)</b>	Min	Max	
Variables dépendantes	mode auto	binaire	23674	22,83%	0	1	
sexe	homme	binaire	52258	50,40%	0	1	
	femme	binaire	51422	49,60%	0	1	
Âge	groupe d'âge de 5-9 ans	binaire	30539	29,46%	0	1	
	groupe d'âge de 10-19 ans	binaire	5443	52,50%	0	1	
	groupe d'âge de 20-29 ans	binaire	13118	12,65%	0	1	
	groupe d'âge de 30-39 ans	binaire	3125	3,01%	0	1	
	groupe d'âge de 40-49 ans	binaire	157	1,51%	0	1	
	groupe d'âge de 50-59 ans	binaire	606	0,58%	0	1	
	groupe d'âge de 60-69 ans	binaire	292	0,28%	0	1	
	Période	Période 1988	binaire	34416	33,19%	0	1
Période 1998		binaire	38148	36,79%	0	1	
Période 2008		binaire	31116	30,01%	0	1	
Cohorte	cohorte 1928	binaire	122	0,12%	0	1	
	cohorte 1938	binaire	287	0,28%	0	1	
	cohorte 1948	binaire	816	0,79%	0	1	
	cohorte 1958	binaire	1996	1,93%	0	1	
	cohorte 1968	binaire	6007	5,79%	0	1	
	cohorte 1978	binaire	23205	22,38%	0	1	
	cohorte 1988	binaire	33133	31,96%	0	1	
	cohorte 1998	binaire	30313	29,24%	0	1	
	cohorte 2008	binaire	7801	7,52%	0	1	
Motorisation	sans-auto	binaire	1132	10,92%	0	1	
	auto-négociée	binaire	56036	54,05%	0	1	
	auto-suffisant	binaire	36324	35,03%	0	1	
taille du ménage	1 personne/logis	binaire	1826	1,76%	0	1	
	2 personnes/logis	binaire	8943	8,63%	0	1	
	3 personnes/logis	binaire	1944	18,75%	0	1	
	4 personnes et plus/logis	binaire	73471	70,86%	0	1	
présence d'enfants	avec au moins un enfant préscolaire (0-5 ans)	0, 1, 2, 3, ect	0,1662	0,4380	0	5	
	avec au moins un enfant âgé de 5 à 10 ans	0, 1, 2, 3, ect	0,1662	0,7720	0	5	
	avec au moins un enfant âgé de 10 à 15 ans	0, 1, 2, 3, ect	0,1662	0,7660	0	6	
	avec au moins un enfant de niveau primaire*	0, 1, 2, 3, ect	0,1662	0,9781	0	7	
	avec au moins un enfant en âge de niveau secondaire*	0, 1, 2, 3, ect	0,1662	0,5757	0	4	
région de résidence	Montréalais	binaire	49276	47,53%	0	1	
	Lavalais	binaire	10329	9,96%	0	1	
	Nord-Riverain	binaire	16446	15,86%	0	1	
	Sud-Riverain	binaire	27629	26,65%	0	1	
classe de densité	densité <1000 pers/km² (1)	binaire	25431	24,53%	0	1	
	densité 1000 - 3000 pers/km² (2)	binaire	28048	27,05%	0	1	
	densité 3000 - 4500 pers/km² (3)	binaire	16387	15,81%	0	1	
	densité 4500 - 6000 pers/km² (4)	binaire	755	7,28%	0	1	
	densité 6000 - 7500 pers/km² (5)	binaire	5822	5,62%	0	1	
	densité 7500 - 9000 pers/km² (6)	binaire	4493	4,33%	0	1	
	densité 9000 - 10500 pers/km² (7)	binaire	3829	3,69%	0	1	
	densité 10500 - 12000 pers/km² (8)	binaire	3128	3,02%	0	1	
	densité 12000 - 14000 pers/km² (9)	binaire	3043	2,93%	0	1	
	densité >14000 pers/km² (10)	binaire	5949	5,74%	0	1	

Tableau 5-2. Variables utilisées pour la modélisation de la probabilité que le mode auto soit choisi pour un déplacement *étude* (suite)

Classes de variables		# Observations = 103 680 déplacements			
		codification	# observation =1 (binaire) ou <i>moyenne (non binaire)</i>	% des observations (binaire) ou <i>Dév. standard (non-binaire)</i>	Min Max
offre de transport	metro 500m	binaire	9304	8,97%	0 1
	metro 1 km	binaire	17342	16,73%	0 1
	gare 1 km	binaire	8841	8,53%	0 1
	gare 2,5 km	binaire	32284	31,14%	0 1
	gare 5 km	binaire	56236	54,24%	0 1

Tableau 5-3. Variables utilisées pour la modélisation de la probabilité que le mode TC soit choisi pour un déplacement *travail*

Classes de variables		# Observations = 189 722 déplacements				
		codification	# observation =1 (binaire) ou <i>moyenne (non binaire)</i>	% des observations (binaire) ou <i>Dév. standard (non-binaire)</i>	Min	Max
	<b>mode TC</b>	binaire	37246	19,53%	0	1
sexe	homme	binaire	106957	56,38%	0	1
	femme	binaire	82765	43,62%	0	1
Âge	groupe d'âge de 10-19 ans	binaire	4629	2,44%	0	1
	groupe d'âge de 20-29 ans	binaire	36606	19,29%	0	1
	groupe d'âge de 30-39 ans	binaire	51359	27,07%	0	1
	groupe d'âge de 40-49 ans	binaire	52248	27,54%	0	1
	groupe d'âge de 50-59 ans	binaire	34365	18,11%	0	1
	groupe d'âge de 60-69 ans	binaire	918	4,84%	0	1
	groupe d'âge de 70-79 ans	binaire	1203	0,63%	0	1
	groupe d'âge de 80-89 ans	binaire	132	0,07%	0	1
Période	Période 1988	binaire	5872	30,95%	0	1
	Période 1998	binaire	69493	36,63%	0	1
	Période 2008	binaire	61509	32,42%	0	1
Cohorte	cohorte 1918	binaire	249	0,13%	0	1
	cohorte 1928	binaire	2862	1,51%	0	1
	cohorte 1938	binaire	11103	5,85%	0	1
	cohorte 1948	binaire	29044	15,31%	0	1
	cohorte 1958	binaire	52278	27,56%	0	1
	cohorte 1968	binaire	55476	29,24%	0	1
	cohorte 1978	binaire	27854	14,68%	0	1
	cohorte 1988	binaire	9391	4,95%	0	1
	cohorte 1998	binaire	1465	0,77%	0	1
Motorisation	<i>sans-auto</i>	binaire	1649	8,69%	0	1
	<i>auto-négociée</i>	binaire	92367	48,69%	0	1
	<i>auto-suffisant</i>	binaire	80865	42,62%	0	1
taille du ménage	1 personne/logis	binaire	19153	10,10%	0	1
	2 personnes/logis	binaire	59619	31,42%	0	1
	3 personnes/logis	binaire	4342	22,89%	0	1
	4 personnes et plus/logis	binaire	6753	35,59%	0	1
présence d'enfants	avec au moins un enfant préscolaire (0-5 ans)	0, 1, 2, 3, ect	<b>0,1651</b>	<b>0,4553</b>	0	5
	avec au moins un enfant âgé de 5 à 10 ans	0, 1, 2, 3, ect	<b>0,1985</b>	<b>0,4962</b>	0	5
	avec au moins un enfant âgé de 10 à 15 ans	0, 1, 2, 3, ect	<b>0,2081</b>	<b>0,5027</b>	0	6
	avec au moins un enfant de niveau primaire*	0, 1, 2, 3, ect	<b>0,3203</b>	<b>0,6624</b>	0	7
	avec au moins un enfant en âge de niveau secondaire*	0, 1, 2, 3, ect	<b>0,1294</b>	<b>0,3728</b>	0	4
région de résidence	Montréalais	binaire	93449	49,26%	0	1
	Lavalais	binaire	18978	10,00%	0	1
	Nord-Riverain	binaire	27765	14,63%	0	1
	Sud-Riverain	binaire	4953	26,11%	0	1

Tableau 5-3. Variables utilisées pour la modélisation de la probabilité que le mode TC soit choisi pour un déplacement *travail* (suite)

Classes de variables		# Observations = 189 722 déplacements				
		codification	# observation =1 (binaire) ou moyenne (non binaire)	% des observations (binaire) ou Dév. standard (non-binaire)	Min	Max
	distance du centre-ville (Km)	continu	16542,40	11793,64	112	83564,00
classe de densité	densité <1000 pers/km <sup>2</sup> (1)	binaire	46038	24,27%	0	1
	densité 1000 - 3000 pers/km <sup>2</sup> (2)	binaire	49622	26,16%	0	1
	densité 3000 - 4500 pers/km <sup>2</sup> (3)	binaire	28623	15,09%	0	1
	densité 4500 - 6000 pers/km <sup>2</sup> (4)	binaire	14425	7,60%	0	1
	densité 6000 - 7500 pers/km <sup>2</sup> (5)	binaire	11082	5,84%	0	1
	densité 7500 - 9000 pers/km <sup>2</sup> (6)	binaire	8804	4,64%	0	1
	densité 9000 - 10500 pers/km <sup>2</sup> (7)	binaire	7152	3,77%	0	1
	densité 10500 - 12000 pers/km <sup>2</sup> (8)	binaire	5985	5,84%	0	1
	densité 12000 - 14000 pers/km <sup>2</sup> (9)	binaire	63	4,64%	0	1
	densité >14000 pers/km <sup>2</sup> (10)	binaire	11691	3,77%	0	1
offre de transport	metro 500m	binaire	19684	10,38%	0	1
	metro 1 km	binaire	35782	18,86%	0	1
	gare 1 km	binaire	16088	8,48%	0	1
	gare 2,5 km	binaire	59396	31,31%	0	1
	gare 5 km	binaire	105405	55,56%	0	1

## 5.2 Analyse de la probabilité d'être non-mobile

Afin d'avoir en tête tous les éléments d'importance qui pourront soutenir la compréhension des résultats de modélisation, un bref retour sur les conclusions de la littérature et de l'analyse descriptive est effectué.

Deux tendances se joignent pour influencer la proportion de la population qui n'effectue aucun déplacement quotidiennement. D'abord, le phénomène du télétravail, qui est tout nouveau, pourrait prendre en importance et entraîner un plus grand nombre de personnes à demeurer à la maison. S'ajoute à cette tendance sociale une tendance due à l'évolution de la structure démographique de la population de la grande région métropolitaine, soit celle du vieillissement de la population. Les personnes âgées ont en général moins d'obligations et sont donc moins contraintes à se déplacer quotidiennement.

Le Tableau 5-4 résume les principaux constats issus de l'analyse descriptive.

Tableau 5-4. Synthèse des effets des variables sur la proportion de non-mobiles

	variables	Effets sur les indicateurs
Classes de variables		Proportion de non-mobiles
sexe	homme	
	femme	positif léger
Âge	âge	proportion augmente avec l'âge
Période	Période 1988	positif
	Période 2008	négatif
Motorisation	sans-auto	positif
	auto-suffisant	négatif
taille du ménage	1 personne/logis	négatif
	3 personnes/logis	positif chez les plus âgés
	4 personnes et plus/logis	différents selon le sexe et l'âge
présence d'enfants	avec au moins un enfant préscolaire (0-5 ans)	positif pour les femmes
région de résidence	Lavallois	positif chez les plus âgés
	Nord-Riverain	positif chez les plus âgés, surtout pour les femmes
offre de transport	sans offre de transport lourd dans un rayon de 5 km	positif

### 5.2.1 Définition du modèle

Outre les variables d'âge de période et de cohorte, plusieurs autres variables explicatives sont intégrées au modèle puisqu'elles sont déterminantes dans l'explication des comportements de mobilité et qu'elles améliorent la performance du modèle. La commande énoncé dans Stata est présenté ci-dessous :

```
apc_ie nmobile femme travailleur sansauto autosuffi plogi1 plogi2 plogi3 nscolaire de5a10 de10a15
lavallois sudrive dist_cvk dens2 dens3 dens4 dens5 dens6 dens7 dens8 dens9 metro500m gare2500mb
[fweight = facperx], family(binomial) link(logit) age(gr_age) period(annee) cohort(gr_cohorte) irls
```

C'est cette formulation du modèle qui atteint la déviance la moins élevée, tel que présenté à la Figure 5-1.

Intrinsic estimator of APC effects      No. of obs = 9.79e+08  
 Optimization : MQL Fisher scoring      Residual df = 9.79e+08  
 (IRLS EIM)      Scale parameter = 1  
 Deviance = 894761491.2      (1/df) Deviance = .9135774  
 Pearson = 986221167.5      (1/df) Pearson = 1.00696  
  
 Variance function:  $V(u) = u*(1-u)$       [Bernoulli]  
 Link function :  $g(u) = \ln(u/(1-u))$       [Logit]  
  
 AIC = .  
 Deviance = .      BIC = -1.94e+10

Figure 5-1. Extrait des résultats concernant la performance du modèle de la probabilité d'être non-mobile (produits par Stata)

Le Tableau 5-5 présente les résultats du modèle, qui sont discutés à la suite du tableau.

Tableau 5-5. Extrait des résultats fournis par le modèle de la probabilité d'être non-mobile (produits par Stata)

Classes de variables	Nombre d'observation réelle: 432 980			
	variables	coefficient	z	P> z
	Constante	-0,9777	-1763,3200	0,0000
sexe	homme	ref	ref	ref
	femme	0,2501	1469,0500	0,0000
Âge	groupe d'âge de 5-9 ans	-1,0625	-1255,9300	0,0000
	groupe d'âge de 10-19 ans	-1,0683	-1785,6900	0,0000
	groupe d'âge de 20-29 ans	-0,3877	-871,3900	0,0000
	groupe d'âge de 30-39 ans	-0,3722	-1013,6400	0,0000
	groupe d'âge de 40-49 ans	-0,4045	-1207,1900	0,0000
	groupe d'âge de 50-59 ans	-0,1299	-356,1300	0,0000
	groupe d'âge de 60-69 ans	0,3023	688,2500	0,0000
	groupe d'âge de 70-79 ans	0,5709	1039,9700	0,0000
	groupe d'âge de 80-89 ans	0,9886	1381,3200	0,0000
	groupe d'âge de 90-99 ans	1,5633	1112,0200	0,0000
Période	Période 1988	-0,0795	-408,8300	0,0000
	Période 1998	-0,0188	-154,9900	0,0000
	Période 2008	0,0983	516,0300	0,0000

Tableau 5-5. Extrait des résultats fournis par le modèle de la probabilité d'être non-mobile (produits par Stata) (suite)

Classes de variables	Nombre d'observation réelle: 432 980			
	variables	coefficient	z	P> z
Cohorte	cohorte 1898	1,1774	303,9100	0,0000
	cohorte 1908	0,6772	491,0600	0,0000
	cohorte 1918	0,3429	331,7700	0,0000
	cohorte 1928	0,1219	139,5600	0,0000
	cohorte 1938	0,0566	76,7500	0,0000
	cohorte 1948	-0,1137	-186,2800	0,0000
	cohorte 1958	-0,2652	-547,0300	0,0000
	cohorte 1968	-0,3383	-913,9400	0,0000
	cohorte 1978	-0,3766	-1212,7700	0,0000
	cohorte 1988	-0,2893	-917,8900	0,0000
	cohorte 1998	-0,3991	-828,7800	0,0000
	cohorte 2008	-0,5939	-588,5200	0,0000
motorisation	sans-auto	0,4273	1600,8100	0,0000
	auto-négociée	ref	ref	ref
	auto-suffisant	-0,3487	-1590,6200	0,0000
taille du ménage	1 personne/logis	-0,4057	-1052,9400	0,0000
	2 personnes/logis	-0,2155	-769,2900	0,0000
	3 personnes/logis	-0,0727	-273,3000	0,0000
	4 personnes et plus/logis	ref	ref	ref
nombre d'enfants par groupe d'âge	enfants préscolaires	0,1011	461,7600	0,0000
	enfants âgés de 5 à 10 ans	-0,1065	-468,1100	0,0000
	enfants âgés de 10 à 15 ans	-0,1196	-569,6900	0,0000
région de résidence	Montréalais ou Nord-riverain	ref	ref	ref
	Lavalais	0,0555	183,3700	0,0000
	Sud-riverain	0,0159	72,5500	0,0000
	distance du centre-ville (Km)	0,0084	970,4400	0,0000
classe de densité	densité <1000 pers/km² (1) ou >14000 pers/km² (10)	ref	ref	ref
	densité 1000 - 3000 pers/km² (2)	-0,0706	-294,6900	0,0000
	densité 3000 - 4500 pers/km² (3)	-0,0488	-172,6300	0,0000
	densité 4500 - 6000 pers/km² (4)	0,0095	27,8700	0,0000
	densité 6000 - 7500 pers/km² (5)	-0,0165	-43,0600	0,0000
	densité 7500 - 9000 pers/km² (6)	-0,0032	-7,5900	0,0000
	densité 9000 - 10500 pers/km² (7)	-0,0074	-16,6700	0,0000
	densité 10500 - 12000 pers/km² (8)	-0,0127	-25,8000	0,0000
	densité 12000 - 14000 pers/km² (9)	-0,0661	-133,6700	0,0000
offre de transport	sans offre	ref	ref	ref
	metro 500m	-0,0032	-11,0700	0,0000
	gare 2,5 Km	-0,0485	-256,3800	0,0000

Tel qu'attendu suite à la littérature et à l'analyse descriptive, le fait d'être une femme a un effet positif sur la probabilité de ne pas se déplacer.

Les variables caractérisant les niveaux de motorisation *sans-auto* et *auto-suffisant* sont intégrées au modèle. La première a une influence positive sur la probabilité d'être non-mobile, alors que la deuxième est associée à un coefficient négatif. La variable *auto-négociée* étant trop fortement corrélée avec les deux autres variables de motorisation, elle perd sa pertinence et n'est pas intégrée au modèle.

Plusieurs variables de ménage sont intégrées dans le modèle. Plus la taille du ménage est petite et plus le coefficient négatif lié est important; tel que mentionné précédemment, le fait d'habiter seul est lié à une plus forte probabilité d'être mobile. La présence d'enfants influence également la probabilité d'être non-mobile. Les variables du nombre d'enfants par groupe d'âge sont celles qui offraient au modèle la meilleure performance en comparaison du nombre d'enfants ou du nombre d'enfants par niveau scolaire. Selon le modèle, la présence d'enfants d'âge préscolaire augmente la probabilité de ne pas se déplacer, alors que la présence d'enfants plus âgés aurait l'effet inverse.

Malgré les constats apportés par l'analyse descriptive, il semble que la localisation résidentielle ait quelques effets sur la probabilité d'être non-mobile. L'analyse descriptive a été limitée à des analyses univariées, mais le modèle est multivariable. Le fait d'habiter à Laval ou sur la Rive-Sud est associé à des coefficients positifs, impliquant une plus forte probabilité d'être non-mobile. Également, plus la distance entre le domicile et le centre-ville de Montréal est grande et plus forte sont les chances d'être non-mobile. Toutes les classes de densité plus grande que 1000 pers/km<sup>2</sup> correspondent à des coefficients négatifs sauf la classe de densité entre 4500 et 6000 pers/km<sup>2</sup>.



### 5.2.2 Identifications des effets

La Figure 5-2 permet de visualiser les coefficients calculés par le modèle pour l'âge, la période et la cohorte. Selon le modèle, l'âge est corrélé à la probabilité de se déplacer. Le modèle associe les groupes d'âge les plus jeunes à des coefficients négatifs et les groupes d'âge plus vieux à des coefficients positifs de sorte que le vieillissement augmente la probabilité d'être non-mobile.

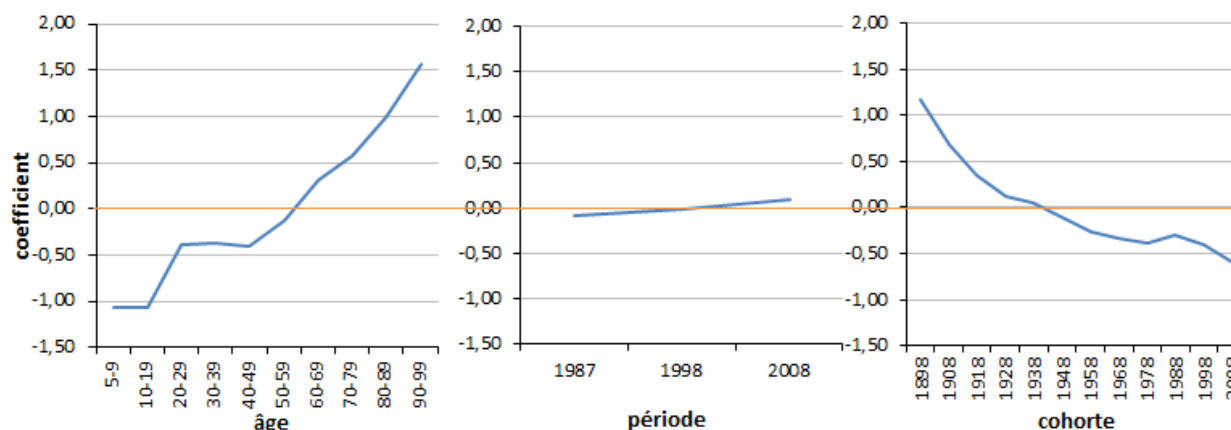


Figure 5-2. Coefficients APC estimés pour la probabilité d'être non-mobile

L'analyse des coefficients estimés pour caractériser l'effet de période laisse entrevoir une légère tendance à la hausse. Ainsi, la probabilité d'être non-mobile serait en augmentation depuis 1987. Enfin, l'effet de cohorte est fortement positif pour les cohortes les plus anciennes, mais négatif pour les cohortes plus récentes et concorde avec ce que l'on observe pour l'effet d'âge. En effet, on se rappelle que les cohortes plus anciennes sont peuplées aux moments des enquêtes d'individus d'âges avancés et que les cohortes plus récentes, elles, sont composées par des individus enquêtés à des âges plus jeunes.

La possibilité d'effectuer ou de ne pas effectuer un déplacement semble être surtout influencée par l'âge plutôt que par la période ou la cohorte; l'effet de ces dernières variables est d'intensité moindre que ce qu'on observe pour l'âge.



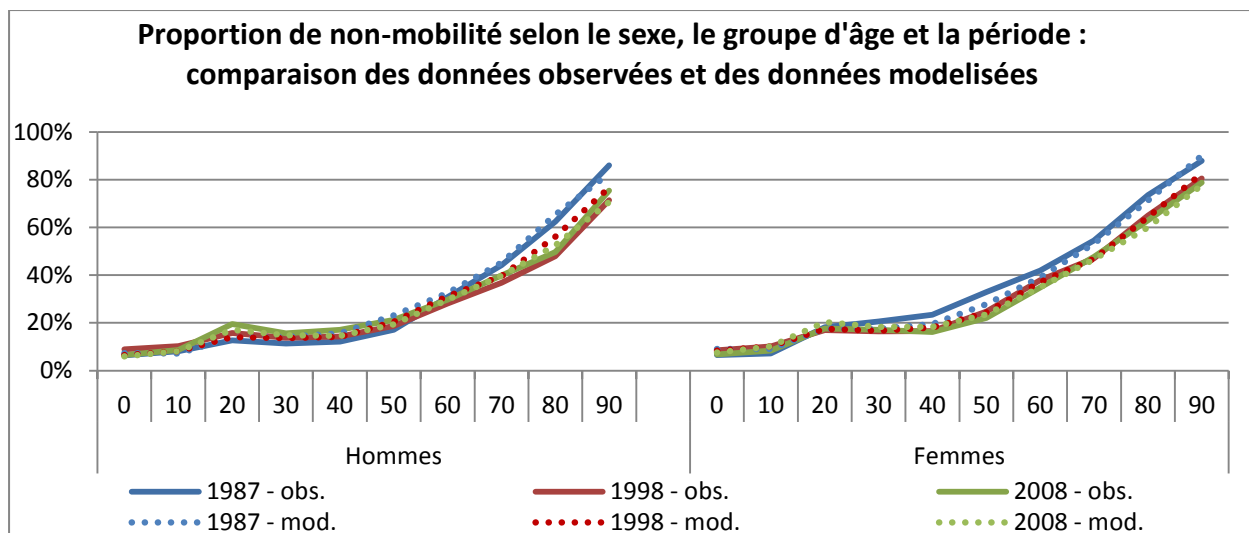


Figure 5-4. Proportion de non-mobiles selon le sexe, le groupe d'âge et la période: comparaison des données observées et des données modelisées

On constate une concentration de probabilités supérieure à 80% d'être non-mobile chez les individus âgés de 80 ans et plus, ce qui est logique. Ce qui est davantage intéressant se rapporte aux probabilités de 40% à 60% (donc d'environ 50%) d'être non-mobile. On observe une très forte concentration de ces probabilités chez les individus âgés de 50 ans à 80 ans, où les concentrations varient entre 21,85% à 82,43%. Le modèle peine donc à expliquer les comportements chez les individus qui arrivent à la fin de leur vie active (sur le marché du travail). D'autres variables explicatives mériteraient donc d'être ajoutées au modèle comme l'occupation principale.

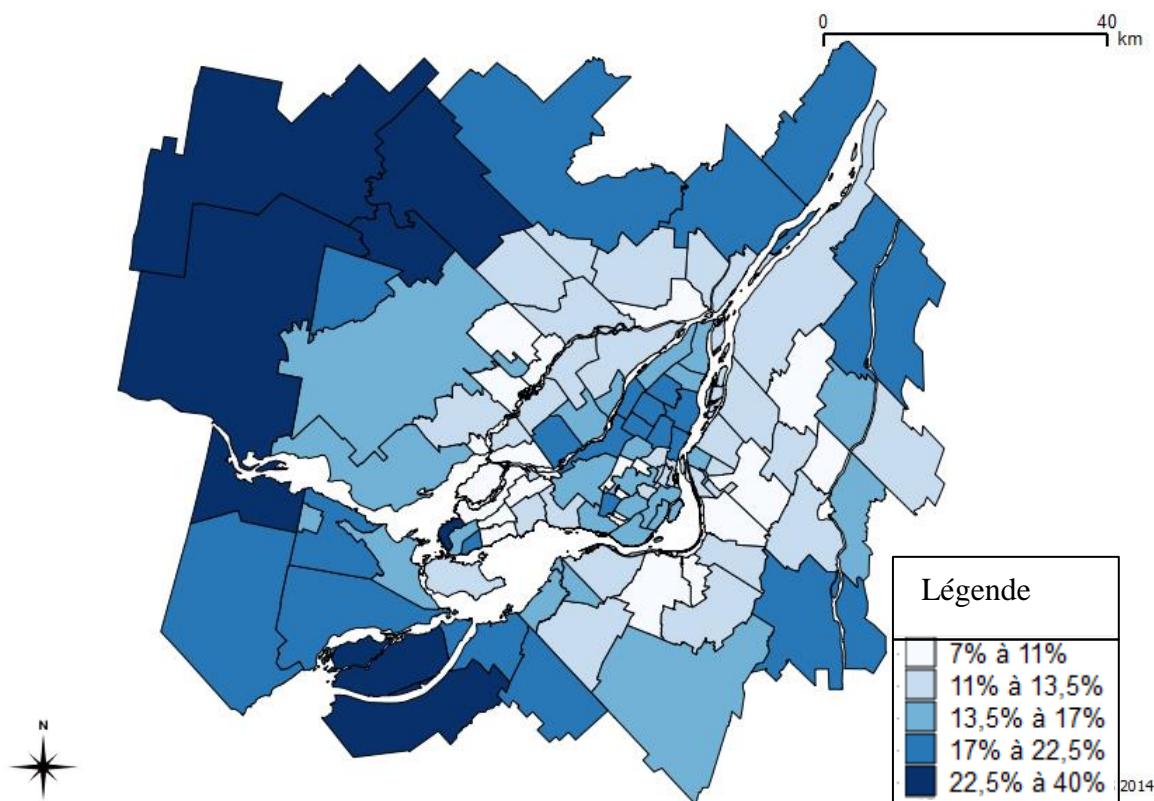


Figure 5-5. Proportions des probabilités de 40% à 60% d'être non-mobile sur l'ensemble des probabilités modélisées

Enfin, la Figure 5-5 démontre la concentration de probabilités d'environ 50% d'être non-mobile dans les secteurs les plus au nord de la région métropolitaine, où de 22,5% à 40% des individus sont concernés.

### 5.3 Analyse de la probabilité d'être *auto-suffisant*

La revue de la littérature met l'emphasis sur deux grands phénomènes. D'abord, elle atteste une tendance globale d'une croissance de la motorisation. Un autre mouvement ressort toutefois : la remise en question de la place de l'automobile, qui s'accompagne de la multiplication des alternatives de transport qui aurait pour principal public les jeunes de moins de 35 ans.

Le Tableau 5-6 rappelle les effets qui avaient été remarqués lors de l'analyse descriptive au chapitre 4.

Tableau 5-6. Synthèse des effets des variables sur la proportion d'*auto-suffisants*

Classes de variables	variables	Effets sur les indicateurs
		Proportion d' <i>auto-suffisants</i>
Âge	groupe d'âge de 5-9 ans	positif
	groupe d'âge de 10-19 ans	positif jusqu'à 15 ans, négatif de 15 à 19 ans
	groupe d'âge de 20-29 ans	positif
	groupe d'âge de 30-39 ans	positif jusqu'à 35 ans, négatif après 35 ans
	groupe d'âge de 40-49 ans	négatif
	groupe d'âge de 50-59 ans	négatif
	groupe d'âge de 60-69 ans	négatif
	groupe d'âge de 70-79 ans	négatif
	groupe d'âge de 80-89 ans	négatif
	groupe d'âge de 90-99 ans	négatif
Période	Période 1988	négatif
	Période 1998	positif
	Période 2008	très positif
Cohorte	cohorte 1943	négatif en 1998
	cohorte 1948	négatif en 1998
taille du ménage	1 personne/logis	positif
	3 personnes/logis	négatif
	4 personnes et plus/logis	négatif
présence d'enfants	avec au moins un enfant préscolaire (0-5 ans)	différents selon le sexe et l'âge
	avec au moins un enfant âgé de 5 à 10 ans	différents selon le sexe et l'âge
	avec au moins un enfant âgé de 10 à 15 ans	différents selon le sexe et l'âge
	avec au moins un enfant de niveau primaire*	différents selon le sexe et l'âge
	avec au moins un enfant en âge de niveau secondaire	différents selon le sexe et l'âge
région de résidence	Montréalais	négatif
	Lavalais	positif
	Nord-Riverain	positif
	Sud-Riverain	positif
offre de transport	sans offre de transport lourd dans un rayon de 5 km	positif
	bénéficiaires (avec offre de transport* à l'intérieur d'un rayon de 5 km)	négatif
	voisin d'un métro (à l'intérieur de 1 km)	négatif
	voisin d'une gare (à l'intérieur de 5 km)	négatif

### 5.3.1 Définition du modèle

S'ajoutent aux variables démographiques un certain nombre de variables explicatives venant compléter le modèle expliquant l'*auto-suffisance*. La formulation du modèle est la suivante :

*apc\_ie autosuffi femme nscolaire de5a10 de10a15 plogi1 plogi2 plogi3 lavalais sudrive dist\_cvk dens2 dens3 dens4 dens5 dens6 dens7 dens8 dens9 dens10 metro500m gare1kmb gare5kmb [fweight = facperx], family(binomial) link(logit) age(gr\_age) period(annee) cohort(gr\_cohorte) scale(dev) irls*

Les variables énoncés dans la formule permettent de diminuer considérablement la déviance. Les résultats concernant la performance du modèle sont présentés à la Figure 5-6. Les résultats de la modélisation de la probabilité d'être *auto-suffisant* sont présentés dans le Tableau 5-7, et sont discutés à la suite du tableau.

Intrinsic estimator of APC effects      No. of obs    = 9.79e+08  
 Optimization    : MQL Fisher scoring      Residual df    = 9.79e+08  
                          (IRLS EIM)                   Scale parameter =    1  
 Deviance        = 1036246179                   (1/df) Deviance = 1.058037  
 Pearson         = 984984953.1                  (1/df) Pearson = 1.005698  
  
 Variance function:  $V(u) = u*(1-u)$                    [Bernoulli]  
 Link function    :  $g(u) = \ln(u/(1-u))$                 [Logit]  
  
    AIC                    =    .  
 Deviance        =    .                                    BIC                    = -1.92e+10

Figure 5-6. Extrait des résultats concernant la performance du modèle de la probabilité d'être *auto-suffisant* (produits par Stata)

Tableau 5-7. Extrait des résultats fournis par le modèle de la probabilité d'être *auto-suffisant* (produits par Stata)

	Classes de variables	variables	coefficient	z	P> z
		Constante	-2,9365	-1987,1800	0,0000
variables démographiques	sexe	homme	ref	ref	ref
		femme	-0,1481	-945,3300	0,0000
	Âge	groupe d'âge de 5-9 ans	0,8790	395,6000	0,0000
		groupe d'âge de 10-19 ans	0,3997	232,6000	0,0000
		groupe d'âge de 20-29 ans	0,4757	385,7900	0,0000
		groupe d'âge de 30-39 ans	0,8380	1082,0400	0,0000
		groupe d'âge de 40-49 ans	0,5307	1263,3100	0,0000
		groupe d'âge de 50-59 ans	0,3587	728,7200	0,0000
		groupe d'âge de 60-69 ans	-0,1957	-220,0500	0,0000
		groupe d'âge de 70-79 ans	-0,6934	-513,7700	0,0000
		groupe d'âge de 80-89 ans	-1,1500	-619,4900	0,0000
		groupe d'âge de 90-99 ans	-1,4428	-515,0000	0,0000
	Période	Période 1988	-0,3754	-738,6500	0,0000
		Période 1998	0,0418	372,0700	0,0000
		Période 2008	0,3337	659,7400	0,0000

Tableau 5-6. Extrait des résultats fournis par le modèle de la probabilité d'être auto-suffisant (produits par Stata) (suite)

	Classes de variables	variables	coefficient	z	P> z
variables démographiques	Cohorte	cohorte 1898	-1,5150	-117,7400	0,0000
		cohorte 1908	-0,6864	-167,5600	0,0000
		cohorte 1918	-0,2436	-76,0200	0,0000
		cohorte 1928	0,0950	35,2100	0,0000
		cohorte 1938	0,2602	117,8600	0,0000
		cohorte 1948	0,4307	250,5400	0,0000
		cohorte 1958	0,3228	262,5000	0,0000
		cohorte 1968	0,3346	447,2100	0,0000
		cohorte 1978	0,2811	879,1500	0,0000
		cohorte 1988	0,1526	406,3200	0,0000
		cohorte 1998	0,2185	260,7300	0,0000
		cohorte 2008	0,3495	249,1000	0,0000
variables de ménage	taille du ménage	1 personne/logis	2,9912	8349,3800	0,0000
		2 personnes/logis	1,6664	5860,8600	0,0000
		3 personnes/logis	0,9319	3652,0000	0,0000
		4 personnes et plus/logis	ref	ref	ref
	nombre d'enfants par groupe d'âge	enfants préscolaires	0,6065	3133,1900	0,0000
		enfants âgés de 5 à 10 ans	0,6884	3756,3000	0,0000
		enfants âgés de 10 à 15 ans	0,6859	3999,6100	0,0000
	région de résidence	Montréalais ou Nord-riverain	ref	ref	ref
		Lavallois	0,2236	829,0900	0,0000
		Sud-riverain	0,2233	1119,6100	0,0000
		distance du centre-ville (Km)	0,0275	3061,6300	0,0000
	classe de densité	densité <1000 pers/km² (1)	ref	ref	ref
		densité 1000 - 3000 pers/km² (2)	-0,1442	-635,7100	0,0000
		densité 3000 - 4500 pers/km² (3)	-0,3729	-1340,1200	0,0000
		densité 4500 - 6000 pers/km² (4)	-0,7382	-2039,9200	0,0000
		densité 6000 - 7500 pers/km² (5)	-0,8006	-1919,7200	0,0000
		densité 7500 - 9000 pers/km² (6)	-0,9651	-2061,1900	0,0000
		densité 9000 - 10500 pers/km² (7)	-1,0383	-2019,4300	0,0000
		densité 10500 - 12000 pers/km² (8)	-1,1443	-2004,1300	0,0000
		densité 12000 - 14000 pers/km² (9)	-1,1997	-2075,9500	0,0000
		densité >14000 pers/km² (10)	-1,4005	-2933,7800	0,0000
	offre de transport	sans offre	ref	ref	ref
		metro 500m	-0,4546	-1356,4300	0,0000
		gare 1 km	-0,0784	-264,7200	0,0000
		gare 5 Km	0,0920	507,9700	0,0000

D'abord, malgré un rattrapage documenté, le fait d'être une femme a un effet négatif sur la motorisation. Les variables de taille de ménage et du nombre d'enfants présents dans le ménage sont retenues. Même si toutes les tailles de ménage sont associées à des coefficients positifs, on remarque que ces coefficients décroissent avec l'augmentation du nombre de personnes vivant sous un même toit. Les coefficients attribués aux variables de nombre d'enfants selon le groupe d'âge sont similaires, l'effet reste positif, encourageant l'*auto-suffisance*. Selon le modèle, résider à Laval ou sur la Rive-Sud favorise à peu près de la même façon le niveau de motorisation du ménage. Plus on s'éloigne du centre-ville de Montréal et plus forte est la probabilité d'être *auto-suffisant*. Toutes les classes de densité sont liées à des effets négatifs et lorsqu'on s'y attarde, on discerne que plus la densité est forte et plus le coefficient est négatif. Ainsi, habiter dans un quartier dense réduit les probabilités d'être *auto-suffisant*.

Habiter à proximité d'une station de métro (moins de 500m) a une incidence négative sur la variable dépendante et la proximité d'une gare (moins de 1km) a des effets semblables, mais plus légers. La présence d'une gare dans un rayon de 5 km du domicile est associée à un coefficient positif, mais il importe de rappeler qu'une large partie de la population est couverte par cette variable.

### 5.3.2 Identification des effets

La Figure 5-7 permet de visualiser les effets des variables d'âge, de période et de cohorte. L'effet de l'âge varie considérablement en fonction des groupes d'âge. Le coefficient associé au groupe d'âge 5-9 ans est fortement positif : ils vivent donc en forte proportion dans des ménages *auto-suffisants*. L'âge a ensuite un effet de plus en plus positif entre 10 ans et 39 ans, puis perd en importance jusqu'à 60 ans. L'âge a un effet négatif au-delà de 60 ans, ce qui implique que probabilité des *auto-suffisants* chez les 60 ans et plus diminue au fil de l'âge.



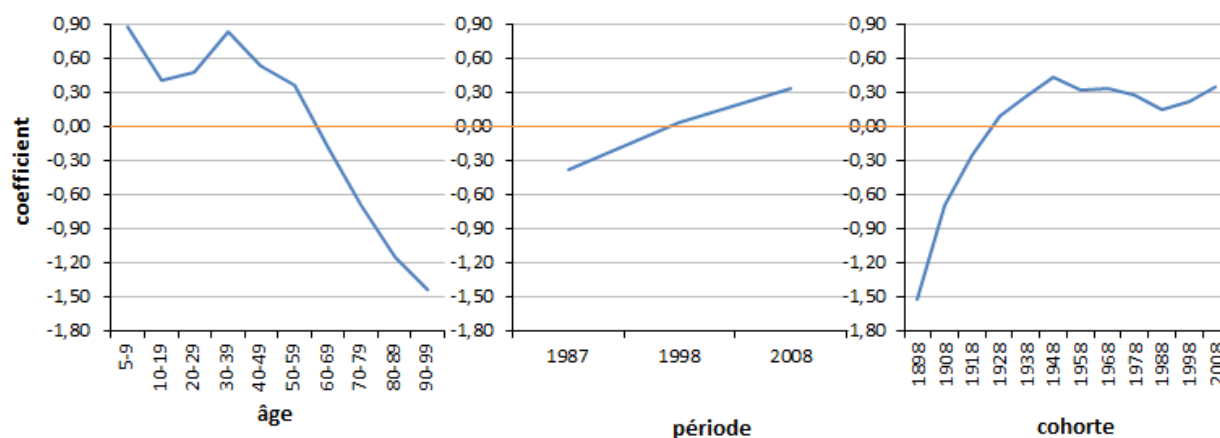


Figure 5-7. Coefficients APC estimés pour la probabilité d'être *auto-suffisant*

La courbe caractérisant les effets de période nous permet de visualiser une nette tendance à la croissance de la probabilité d'être *auto-suffisant* depuis 1987.

La courbe décrivant les effets de cohorte vient refléter les effets d'âge. Les cohortes les plus anciennes, composées au moment des enquêtes d'individus appartenant à des groupes d'âge plus vieux se voient attribuer des coefficients fortement négatifs. Cependant, alors que les groupes d'âge de moins de 40 ans ont des coefficients affectant intensément la variable dépendante, mais variant de façon considérable, les coefficients des cohortes concernées varient beaucoup moins et sont moins importants. La cohorte a donc moins d'influence que l'âge sur la probabilité d'être *auto-suffisant*. Enfin, l'effet plus faible observé pour la cohorte 1988 s'explique par le fait que cette cohorte ait été observée à trois âges, soit 5-9 ans, 10-19 ans et 20-29 ans. Cette cohorte est donc passée par l'âge du départ de la famille vers l'indépendance et commence son propre processus de motorisation au moment des enquêtes.

L'analyse des coefficients n'a pas permis d'expliquer l'une des tendances émergentes identifiée par la littérature, soit celle d'une plus faible motorisation chez les jeunes adultes, ou du moins, un report de la motorisation à un âge plus avancé.

### 5.3.3 Ajustement et répartition géographique des probabilités

Comme l'indique la Figure 5-8, la performance du modèle semble être surtout influencée par l'âge, bien davantage que par le genre ou la période. Le seuil de 50 ans semble particulièrement déterminant.

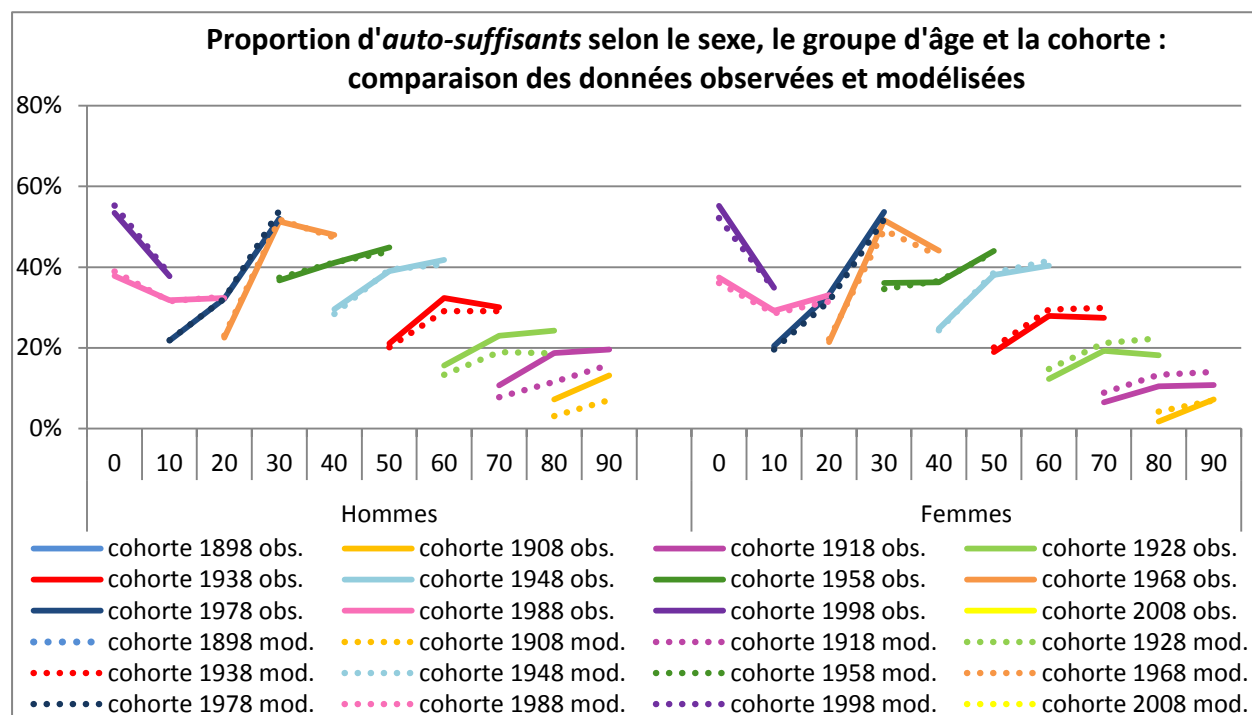


Figure 5-8. Proportion d'auto-suffisants selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte : comparaison des données observées et modélisées

Chez les hommes âgés de 5 à 40 ans, les écarts entre les proportions d'auto-suffisants observées et modélisées démontrent une surestimation, alors que chez les plus vieux, une sous-estimation. Chez les femmes, le modèle cause l'effet inverse: les proportions sont sous-estimées chez les plus jeunes et surestimées chez les plus de 50 ans. Les écarts varient globalement entre -3,03% et 7,08%.

Il n'y a pas de différences qui méritent d'être rapportées ici en ce qui a trait aux écarts entre les proportions d'auto-suffisants observées et modélisées selon l'année.

Lorsqu'on répartie les probabilités d'être *auto-suffisant* selon l'âge, il est évident que les probabilités de moins de 5% sont concentrées chez les groupes d'âge les plus vieux ainsi que chez les cohortes les plus vieilles. Les probabilités d'environ 50% d'être *auto-suffisant* semblent

se concentrer à la manière d'anneaux radioconcentriques (sur la Figure 5-9), les plus fortes proportions sont trouvées dans les banlieues proches.

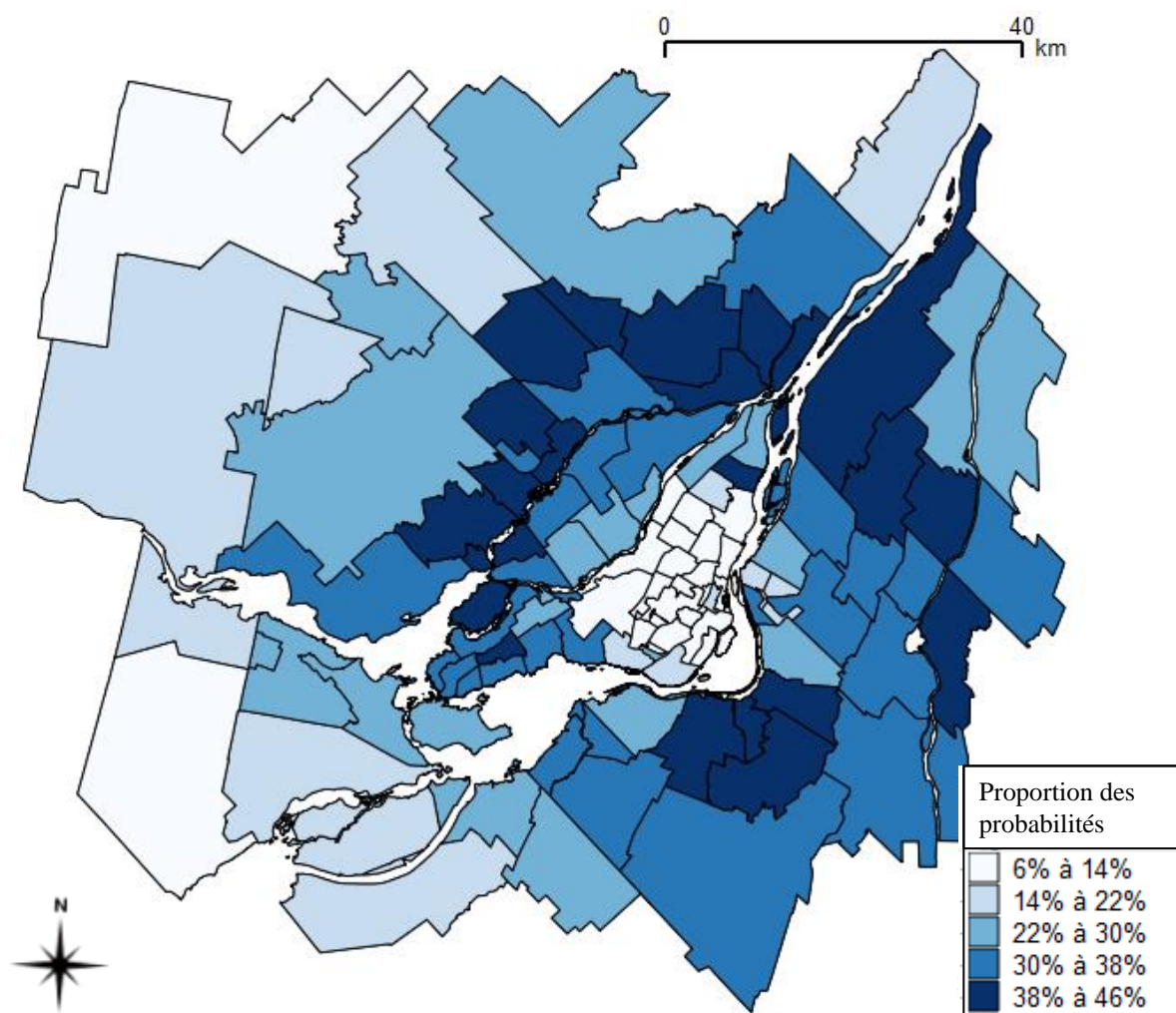


Figure 5-9. Proportions des probabilités de 40% à 60% d'être *auto-suffisant* sur l'ensemble des probabilités modélisées

Une forte concentration d'individus ayant des probabilités de 5% et moins d'être *auto-suffisants* se situe au centre-ville, où les concentrations s'élèvent à plus de 10% pour cette partie du territoire. Pour les autres régions à l'étude, les proportions de probabilité de 5% et moins sont maintenues systématiquement sous les 5% de probabilités modélisées. Les secteurs situés le plus au nord-ouest du territoire possèdent quant à eux les proportions les plus importantes (plus de 35%) d'individus ayant des probabilités de plus de 80% d'être *auto-suffisant*.

## 5.4 Analyse du taux de mobilité

Quelques éléments de la littérature et des constats issus de l'analyse descriptive méritent d'être rappelés afin d'assurer une compréhension des résultats qui seront présentés au cours de la prochaine section.

La littérature attire notre attention sur trois différents phénomènes qui pourraient en partie expliquer les résultats. D'abord, les cohortes les plus récentes de personnes âgées ont tendance à être davantage mobiles que les cohortes plus anciennes en raison d'une meilleure santé et de leur propension à demeurer motorisées plus longtemps. Les femmes devraient rattraper les hommes quant à leur taux de mobilité. La popularité des déplacements en vue de reconduire son enfant est en hausse, les individus habitant un ménage où il y a des enfants pourraient ainsi réaliser davantage de déplacements quotidiennement.

Le Tableau 5-8 rappelle les principaux constats suite à l'analyse descriptive.

Tableau 5-8. Synthèse des effets des variables sur le taux de mobilité

Classes de variables	variables	Taux de mobilité
<b>sexe</b>	femme	diminution plus rapide après 40 ans
<b>Âge</b>	groupe d'âge de 5-9 ans	négatif
	groupe d'âge de 10-19 ans	négatif
	groupe d'âge de 20-29 ans	positif
	groupe d'âge de 30-39 ans	positif
	groupe d'âge de 40-49 ans	négatif
	groupe d'âge de 50-59 ans	négatif
	groupe d'âge de 60-69 ans	négatif
	groupe d'âge de 70-79 ans	négatif
	groupe d'âge de 80-89 ans	négatif
	groupe d'âge de 90-99 ans	négatif
<b>Période</b>	Période 1988	différent selon le sexe et l'âge
	Période 1998	positif
	Période 2008	différent selon le sexe et l'âge
<b>Motorisation</b>	sans-auto	négatif
	auto-négociée	légèrement négatif pour les femmes
	auto-suffisant	positif
<b>taille du ménage</b>	1 personne/logis	positif
	4 personnes et plus/logis	négatif pour les plus âgés, positif chez les femmes entre 35 et 65 ans
<b>présence d'enfants</b>	avec au moins un enfant préscolaire (0-5 ans)	pour les femmes: positif en 2008, négatif en 1987
	avec au moins un enfant âgé de 5 à 10 ans	pour les femmes: positif en 2008, négatif en 1987
	avec au moins un enfant âgé de 10 à 15 ans	pour les femmes: positif en 2008, négatif en 1987
	avec au moins un enfant de niveau primaire*	pour les femmes: positif en 2008, négatif en 1987
	avec au moins un enfant en âge de niveau secondaire*	pour les femmes: positif en 2008, négatif en 1987
<b>région de résidence</b>	Nord-Riverain	négatif
<b>offre de transport</b>	sans offre de transport lourd dans un rayon de 5 km	négatif

### 5.4.1 Définition du modèle

Une quantité importante de variables explicatives ont été retenues en raison de leur influence sur la performance du modèle. La formulation du modèle retenu est la suivante :

```
apc_ie nbdep femme nscolaire de5a10 de10a15 plogi1 plogi2 plogi3 sansauto autosuffi lavallois sudrive
dist_cvk dens2 dens3 dens4 dens5 dens6 dens7 dens8 dens9 dens10 metro500m gare1kmb gare5kmb
[fweight = facperx], family(gaussian) link(log) age(gr_age) period(annee) cohort(gr_cohorte) scale(dev)
irls
```

Cette formulation a permis d'obtenir la déviance la plus faible lors de différentes tentatives de modélisation. La performance est détaillée à la Figure 5-10.

```

Intrinsic estimator of APC effects      No. of obs   = 9.79e+08
Optimization   : MQL Fisher scoring      Residual df   = 9.79e+08
              (IRLS EIM)                  Scale parameter = 1
Deviance       = 2517518019              (1/df) Deviance = 2.570459
Pearson        = 2517518019              (1/df) Pearson  = 2.570459

Variance function: V(u) = 1              [Gaussian]
Link function   : g(u) = ln(u)           [Log]

                                AIC      = .
Deviance        = .                BIC      = -1.78e+10

```

Figure 5-10. Extrait des résultats concernant la performance du modèle du taux de mobilité (produits par Stata)

Les résultats du modèle sont présentés dans le Tableau 5-9. On remarque en premier lieu que le fait d'être une femme est associé à un coefficient négatif sur le nombre de déplacements quotidiens. Parmi les variables de ménage, la présence d'enfants inciterait à une mobilité quotidienne plus importante, surtout si les enfants sont âgés de 5 à 10 ans. La croissance en taille du ménage est liée à la décroissance du nombre de déplacements quotidiens.

Tableau 5-9. Extrait des résultats fournis par le modèle du taux de mobilité (produits par Stata)

Classes de variables	Nombre d'observation réelle: 432 980			
	variables	coefficient	z	P> z
	Constante	0,4740	728,6800	0,0000
sexe	homme	ref	ref	ref
	femme	-0,0378	-862,9400	0,0000
Âge	groupe d'âge de 5-9 ans	0,2676	268,2500	0,0000
	groupe d'âge de 10-19 ans	0,2702	350,4400	0,0000
	groupe d'âge de 20-29 ans	0,2417	437,6500	0,0000
	groupe d'âge de 30-39 ans	0,2539	727,2200	0,0000
	groupe d'âge de 40-49 ans	0,2529	1197,7800	0,0000
	groupe d'âge de 50-59 ans	0,1577	584,5400	0,0000
	groupe d'âge de 60-69 ans	0,0257	56,6400	0,0000
	groupe d'âge de 70-79 ans	-0,1264	-190,1800	0,0000
	groupe d'âge de 80-89 ans	-0,4282	-474,4700	0,0000
	groupe d'âge de 90-99 ans	-0,9150	-529,4300	0,0000
Période	Période 1988	-0,0124	-53,5500	0,0000
	Période 1998	0,0562	1842,9400	0,0000
	Période 2008	-0,0438	-189,2300	0,0000
Cohorte	cohorte 1898	-0,5764	-97,0500	0,0000
	cohorte 1908	-0,2383	-129,3200	0,0000
	cohorte 1918	-0,0157	-10,6200	0,0000
	cohorte 1928	0,0777	62,6000	0,0000
	cohorte 1938	0,1070	105,6300	0,0000
	cohorte 1948	0,1415	180,3200	0,0000
	cohorte 1958	0,1580	284,1800	0,0000
	cohorte 1968	0,1574	478,2500	0,0000
	cohorte 1978	0,1512	1323,2800	0,0000
	cohorte 1988	0,0910	588,1900	0,0000
	cohorte 1998	0,0194	51,4500	0,0000
	cohorte 2008	-0,0728	-116,9700	0,0000
motorisation	sans-auto	-0,1686	-2003,9300	0,0000
	auto-négociée	ref	ref	ref
	auto-suffisant	0,0842	1601,6100	0,0000

Tableau 5-9. Extrait des résultats fournis par le modèle du taux de mobilité (produits par Stata)  
(suite)

Classes de variables	Nombre d'observation réelle: 432 980			
	variables	coefficient	z	P> z
taille du ménage	1 personne/logis	0,1527	1506,2100	0,0000
	2 personnes/logis	0,0613	818,5300	0,0000
	3 personnes/logis	0,0343	510,1200	0,0000
	4 personnes et plus/logis	ref	ref	ref
nombre d'enfants par groupe d'âge	enfants préscolaires	0,0398	785,3000	0,0000
	enfants âgés de 5 à 10 ans	0,0875	1899,6300	0,0000
	enfants âgés de 10 à 15 ans	0,0438	989,5800	0,0000
région de résidence	Montréalais ou Nord-riverain	ref	ref	ref
	Lavallois	-0,0265	-333,0100	0,0000
	Sud-riverain	-0,0038	-64,6500	0,0000
	distance du centre-ville (Km)	-0,0027	-987,5100	0,0000
classe de densité	densité <1000 pers/km <sup>2</sup> (1)	ref	ref	ref
	densité 1000 - 3000 pers/km <sup>2</sup> (2)	0,0285	419,1800	0,0000
	densité 3000 - 4500 pers/km <sup>2</sup> (3)	0,0153	187,8500	0,0000
	densité 4500 - 6000 pers/km <sup>2</sup> (4)	-0,0008	-7,7600	0,0000
	densité 6000 - 7500 pers/km <sup>2</sup> (5)	0,0071	62,7600	0,0000
	densité 7500 - 9000 pers/km <sup>2</sup> (6)	-0,0012	-9,8000	0,0000
	densité 9000 - 10500 pers/km <sup>2</sup> (7)	-0,0046	-34,3100	0,0000
	densité 10500 - 12000 pers/km <sup>2</sup> (8)	-0,0031	-20,9800	0,0000
	densité 12000 - 14000 pers/km <sup>2</sup> (9)	0,0125	86,1300	0,0000
	densité >14000 pers/km <sup>2</sup> (10)	-0,0042	-34,6300	0,0000
offre de transport	sans offre	ref	ref	ref
	metro 500m	0,0093	114,9200	0,0000
	gare 1 km	0,0002	2,9400	0,0030
	gare 5 km	0,0181	352,5500	0,0000

La motorisation a les effets qu'on attendait : l'*auto-suffisance* a un coefficient positif alors que l'absence de voiture au sein d'un ménage a un coefficient négatif sur le nombre de déplacements quotidiens des individus qui le composent.

La distance entre le domicile de l'individu et le centre-ville, quoique ayant peu d'effets, aurait une incidence de plus en plus négative en s'éloignant du centre-ville. Le fait d'habiter sur les rives de Montréal est également associé à des coefficients négatifs.

Toutes les classes de densité sont liées à des coefficients négatifs sauf les densités contenues entre 1000 et 3000 personnes par km. Enfin, l'offre de transport à proximité du domicile a des effets positifs sur le nombre de déplacements quotidiens.



### 5.4.2 Identification des effets

Sur la Figure 5-11, on remarque d'emblée les effets forts liés aux variables d'âge et de cohorte, alors que les effets de période sont plus légers.

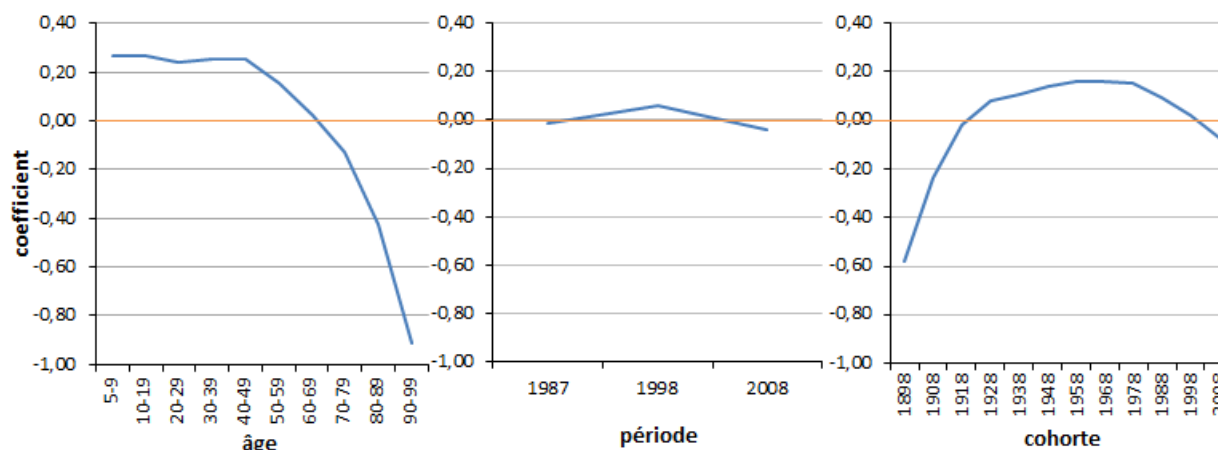


Figure 5-11. Coefficients APC estimés pour le taux de mobilité quotidienne

Les coefficients liés aux groupes d'âge entre 5-49 ans varient peu et se maintiennent à une forte intensité, mais au-delà de cet âge, on observe une décroissance des coefficients. Le vieillissement à partir de 50 ans implique donc une diminution du nombre de déplacements quotidiens. Les effets de cohorte, qui se différencient également fortement d'une cohorte à l'autre, indiquent que les cohortes les plus anciennes sont liées à des coefficients négatifs. Puisque ces cohortes sont composées d'individus âgés au moment des enquêtes, ces résultats sont logiques. Il est intéressant d'observer que les deux cohortes les plus récentes ont peu d'effets. Ces cohortes sont pourtant peuplées d'individus correspondant à des groupes d'âge jeunes et ces groupes d'âge ont un fort effet positif. L'âge affecterait ainsi de façon beaucoup plus importante la mobilité quotidienne que l'appartenance à une cohorte.

Enfin, malgré des effets légers, on remarque un point d'inflexion pour l'année d'enquête 1998, année qui est liée à un coefficient positif.

### 5.4.3 Ajustement et répartition des erreurs

Le modèle peine à expliquer les comportements dans leur ensemble. En effet, on observe de très grands écarts relatifs entre les données observées et les données modélisées. La Figure 5-12 permet d'apprécier ces écarts selon l'âge et la cohorte.

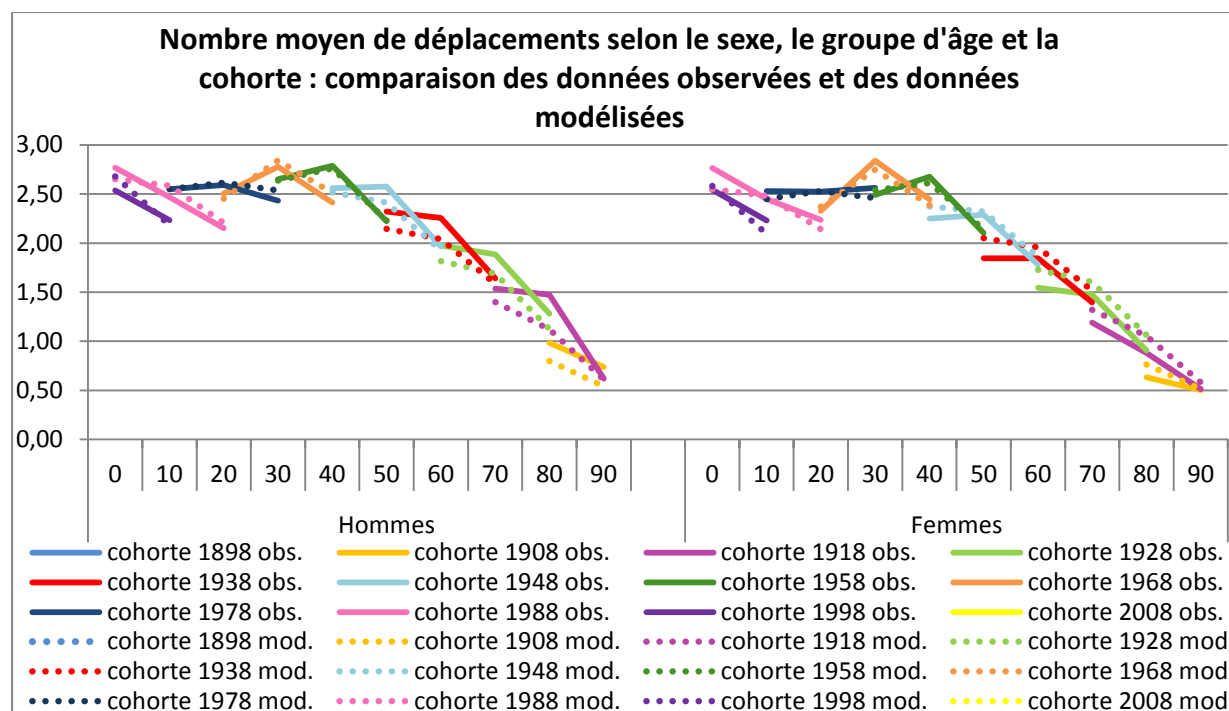


Figure 5-12. Nombre moyen de déplacements selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte : comparaison des données observées et des données modélisées

Ces écarts s'étendent de -26,27% (ou -0,19 déplacement) à 8,72% (ou 0,002 déplacement) chez les hommes. Les erreurs relatives sont plus importantes chez les hommes âgés de 50 ans et plus. On observe de la même façon que les écarts relatifs sont plus grands chez les femmes des mêmes groupes d'âge, soit de -7,76% (ou -0,21 déplacement) à 20,45% (ou 0,12 déplacement). Les écarts ne semblent pas se concentrer spécifiquement dans l'une ou l'autre des cohortes.



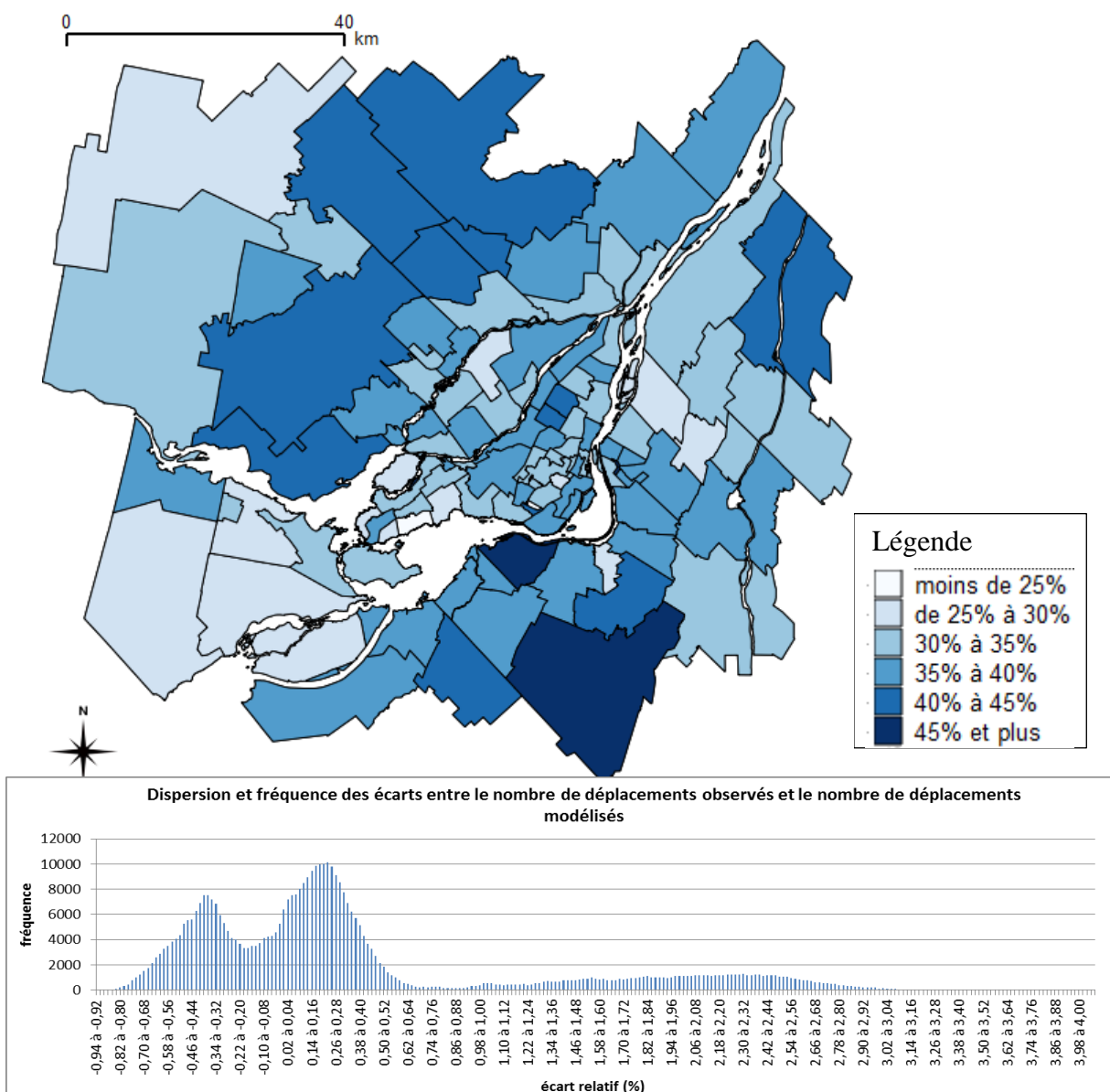


Figure 5-14. Analyse des écarts relatifs de la simulation du taux de mobilité quotidien

Les erreurs ne semblent pas se concentrer sur le territoire métropolitain.

### 5.5 Analyse de la probabilité qu'un déplacement *études* soit réalisé en auto

La revue de la littérature contextualise la tendance émergente entourant les déplacements des enfants qui sont de plus en plus souvent reconduits à l'école par leurs parents. Au-delà des enfants, l'analyse descriptive s'est portée aux individus jusqu'à l'âge de 40 ans qui effectuaient des déplacements pour motif *études*, afin de visualiser comment cette tendance nouvelle se vérifie dans la population en général.

La littérature met l'accent sur certains facteurs pouvant encourager le phénomène à prendre en importance. L'étalement urbain et la diversification des localisations des établissements scolaires pourraient allonger les distances entre l'école et la résidence. Le milieu de vie aurait donc un impact sur la part modale auto des déplacements *études* des individus. Le service d'autobus offert par l'établissement influence également sur le choix du mode de transport utilisé pour se rendre au lieu d'études. Enfin, le mode de transport le plus souvent utilisé par le parent ou par les autres membres responsables dans la famille est plus facilement choisi ou imposé à l'étudiant.

Le Tableau 5-10 regroupe les effets des variables indépendantes sur la part modale auto (conducteur et passager) des déplacements *études* qui ont observés dans l'analyse descriptive.

Tableau 5-10. Synthèse des effets des variables sur la part modale auto des déplacements *études*

Classes de variables	variables	Effets sur les indicateurs
		Part modale auto des déplacements <i>études</i>
sexe	homme	positif léger
Âge	<i>âge</i>	proportion augmente à partir de 10 ans
Période	Période 1988	moins de 20 ans, positif pour les plus de 20 ans
	Période 1998	positif
	Période 2008	moins de 20 ans, négatif pour les plus de 20 ans
Cohorte	cohorte 1953	négatif pour les hommes
	cohorte 1958	négatif pour les hommes
	cohorte 1968	positif

Tableau 5-10. Synthèse des effets des variables sur la part modale auto des déplacements *études* (suite)

Classes de variables	variables	Effets sur les indicateurs
		Part modale auto des déplacements <i>études</i>
<b>Motorisation</b>	<i>sans-auto</i>	<i>négatif</i>
	<i>auto-négociée</i>	positif
	<i>auto-suffisant</i>	positif
<b>taille du ménage</b>	1 personne/logis	<i>négatif</i>
	2 personnes/logis	<i>négatif</i>
	3 personnes/logis	positif
	4 personnes et plus/logis	positif
<b>présence d'enfants</b>	sans enfants	<i>négatif</i>
	avec au moins un enfant préscolaire (0-5 ans)	positif pour les plus de 20 ans
	avec au moins un enfant âgé de 5 à 10 ans	positif pour les plus de 20 ans
	avec au moins un enfant âgé de 10 à 15 ans	positif pour les plus de 20 ans
	avec au moins un enfant de niveau primaire*	positif pour les plus de 20 ans
	avec au moins un enfant en âge de niveau secondaire	positif pour les plus de 20 ans
<b>région de résidence</b>	Montréalais	<i>négatif</i>
	Lavalais	positif
	Nord-Riverain	positif
	Sud-Riverain	positif
<b>offre de transport</b>	sans offre de transport lourd dans un rayon de 5 km	positif
	voisin d'un métro (à l'intérieur de 1 km)	<i>négatif</i>
	voisin d'une gare (à l'intérieur de 5 km)	<i>négatif</i>

### 5.5.1 Définition du modèle

Afin d'expliquer avec précision le choix modal des déplacements *études*, un grand nombre de variables explicatives se sont ajoutées au modèle basé sur les variables d'âge de période et de cohorte.

La formulation finale du modèle est adoptée puisqu'elle est celle ayant la déviance la plus faible.

La formulation est la suivante :

*apc\_ie mauto femme nscolaire de10a15 plogi1 plogi2 plogi3 sansauto autosuffi lavalais nordrive sudrive dens1 dens2 dens4 dens5 dens6 dens7 dens8 dens9 dens10 metro500m gare1kmb gare5kmb [fweight = facperx], family(binomial) link(logit) age(gr\_age) period(annee) cohort(gr\_cohorte) irls*

Les résultats détaillant la performance du modèle sont ci-dessous.

Intrinsic estimator of APC effects      No. of obs = 2.36e+08  
 Optimization : MQL Fisher scoring      Residual df = 2.36e+08  
 (IRLS EIM)      Scale parameter = 1  
 Deviance = 218668142.8      (1/df) Deviance = .926059  
 Pearson = 245730057.2      (1/df) Pearson = 1.040666

Variance function:  $V(u) = u*(1-u)$       [Bernoulli]  
 Link function :  $g(u) = \ln(u/(1-u))$       [Logit]

AIC = .  
 Deviance = .      BIC = -4.33e+09

Figure 5-15. Extrait des résultats concernant la performance du modèle de la probabilité qu'un déplacement *études* soit réalisé en auto (produits par Stata)

Les résultats du modèle sont présentés au Tableau 5-11, et sont discutés à la suite de ce tableau.

Tableau 5-11. Extrait des spécifications fournies par le modèle de la part modale auto des déplacements *études*

Classes de variables	Nombre d'observation réelle: 105 012			
	variables	coefficient	z	P> z
	Constante	0,0816	86,6600	0,0000
sexe	homme	ref	ref	ref
	femme	-0,0122	-35,9600	0,0000
Âge	groupe d'âge de 5-9 ans	-1,2406	-1110,0000	0,0000
	groupe d'âge de 10-19 ans	-0,9595	-1358,2500	0,0000
	groupe d'âge de 20-29 ans	0,1266	165,3900	0,0000
	groupe d'âge de 30-39 ans	0,7469	596,4100	0,0000
	groupe d'âge de 40-49 ans	0,8052	498,8400	0,0000
	groupe d'âge de 50-59 ans	0,6166	297,6300	0,0000
	groupe d'âge de 60-69 ans	-0,0952	-34,0100	0,0000
Période	Période 1988	-0,1207	-189,6000	0,0000
	Période 1998	0,3080	1173,7500	0,0000
	Période 2008	-0,1873	-285,9500	0,0000

Tableau 5-11. Extrait des spécifications fournies par le modèle de la part modale auto des déplacements études (suite)

	Classes de variables	Nombre d'observation réelle: 105 012			
		variables	coefficient	z	P> z
Variables démographiques	Cohorte	cohorte 1928	0,8900	219,7300	0,0000
		cohorte 1938	0,2839	100,0300	0,0000
		cohorte 1948	0,2939	133,1600	0,0000
		cohorte 1958	-0,1137	-59,9000	0,0000
		cohorte 1968	-0,4746	-354,4600	0,0000
		cohorte 1978	-0,7790	-997,0800	0,0000
		cohorte 1988	-0,6673	-1713,6700	0,0000
		cohorte 1998	-0,1441	-206,1500	0,0000
		cohorte 2008	0,7108	516,0800	0,0000
variables de ménage	motorisation	sans-auto	-2,8406	-2060,0000	0,0000
		auto-négociée	ref	ref	ref
		auto-suffisant	0,7709	1969,9900	0,0000
	taille du ménage	1 personne/logis	0,0963	60,7100	0,0000
		2 personnes/logis	-0,0385	-56,0300	0,0000
		3 personnes/logis	0,0779	171,1100	0,0000
		4 personnes et plus/logis	ref	ref	ref
variables de ménage	nombre d'enfants par groupe d'âge	enfants préscolaires	-0,0466	-115,1400	0,0000
		enfants âgés de 10 à 15 ans	-0,4158	-1409,0000	0,0000
	région de résidence	Montréalais	ref	ref	ref
		Lavalais	-0,0385	-62,3500	0,0000
		Nord-Riverain	-0,2505	-424,8600	0,0000
		Sud-Riverain	-0,1899	-370,9800	0,0000
	classe de densité	densité <1000 pers/km² (1)	-0,0290	-51,0800	0,0000
		densité 1000 - 3000 pers/km² (2)	0,0463	87,1900	0,0000
		densité 3000 - 4500 pers/km² (3)	ref	ref	ref
		densité 4500 - 6000 pers/km² (4)	-0,1801	-236,3500	0,0000
		densité 6000 - 7500 pers/km² (5)	-0,1651	-189,8500	0,0000
		densité 7500 - 9000 pers/km² (6)	-0,1861	-191,7100	0,0000
		densité 9000 - 10500 pers/km² (7)	-0,1979	-186,1300	0,0000
		densité 10500 - 12000 pers/km² (8)	-0,2279	-191,2000	0,0000
		densité 12000 - 14000 pers/km² (9)	-0,4658	-368,8200	0,0000
		densité >14000 pers/km² (10)	-0,3972	-404,3900	0,0000
	offre de transport	sans offre	ref	ref	ref
		metro 500m	-0,4516	-579,4800	0,0000
		gare 1km	-0,0610	-95,5400	0,0000
		gare 5 Km	0,1614	413,5000	0,0000



D'abord, on remarque que le fait d'être une femme est encore associé à un coefficient négatif, toutefois léger, impliquant que les femmes sont moins susceptibles de réaliser leurs déplacements *études* en auto.

Des coefficients très importants en intensité sont attribués aux variables caractérisant l'accès à la motorisation. En harmonie avec ce que dicte la logique, la variable *sans-auto* a un effet fortement négatif, l'effet le plus important parmi les variables du modèle, alors que la variable *auto-suffisant* affecte de façon positive le choix de réaliser ses déplacements *études* en auto.

Les coefficients reflétant les effets des différentes tailles de ménage sont difficiles à expliquer, puisqu'ils n'y a à première vue pas de gradation selon la classe. Les ménages de taille d'une personne et de trois personnes sont liés à des coefficients positifs, alors qu'appartenir à un ménage composé de deux personnes influencerait de manière négative la probabilité d'effectuer son déplacement *études* en auto. Appartenir à un ménage de grande taille n'influencerait pas le choix modal. Cette difficulté d'interprétation pourrait venir du fait que la taille du ménage ne caractérise pas à proprement parlé la composition du ménage et n'en présente qu'un aspect. En effet, on observe une grande variabilité des compositions pour une même taille de ménage. On note cependant que la présence d'enfants dans le ménage est un facteur ayant une incidence négative sur le choix d'effectuer les déplacements *études* en auto et cette variable est particulièrement intéressante à interpréter au niveau des enfants fréquentant l'école plutôt qu'au niveau de leurs parents toujours étudiants. Pour calculer la probabilité d'effectuer le déplacement en auto, le nombre d'enfants est multiplié par le coefficient. Chaque enfant dans le ménage vient donc réduire la probabilité des autres enfants à réaliser les déplacements vers l'école en auto. Est-il possible que les enfants soient davantage autorisés à se rendre à l'école sans leurs parents pour les y conduire lorsqu'ils sont accompagnés par la fratrie?

Contrairement aux premiers constats de l'analyse descriptive, l'appartenance à une grande région de résidence à l'extérieur de Montréal est associée à un effet négatif sur le choix d'effectuer les déplacements *études* en auto. On remarque qu'en général, plus la densité est élevée et moins forte sont les chances de retenir l'auto comme mode de transport pour les déplacements à vocation d'études.

La proximité d'une station de métro à moins de 500m du domicile encourage fortement à choisir un autre mode que l'auto pour se rendre au lieu d'études et que la présence d'une gare de train à

moins d'un kilomètre a le même effet, en moindre intensité. Enfin, rejoindre une gare en moins de 5km à partir du domicile affecte à la hausse les probabilités d'effectuer les déplacements *études* en auto. Il faut retenir ici qu'une part importante de la population a cette possibilité.

### 5.5.2 Identification des effets

La Figure 5-16 permet de visualiser les effets d'âge, de période et de cohorte.

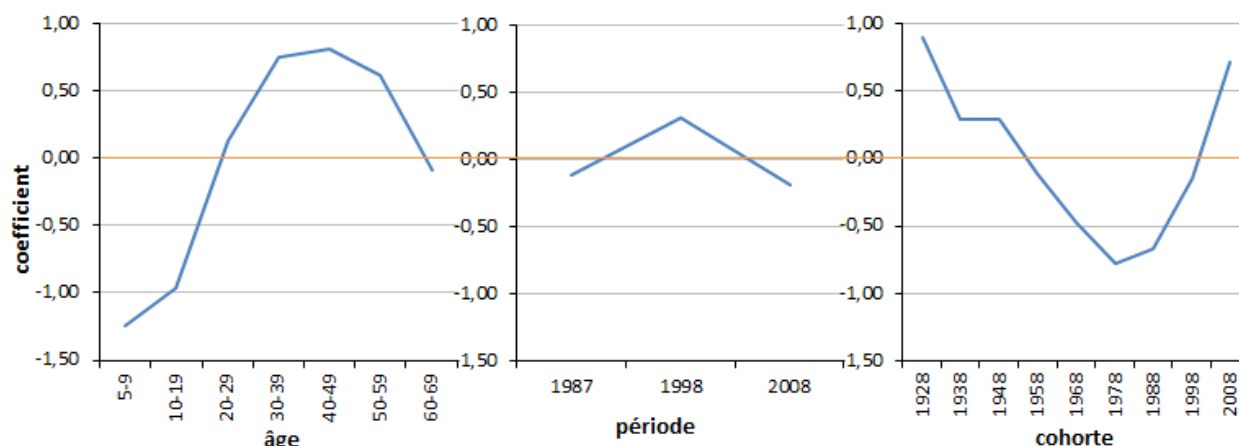


Figure 5-16. Coefficients APC estimés pour la probabilité qu'un déplacement *études* soit réalisé en auto

La visualisation des effets d'âge par la courbe composée des coefficients est intéressante. Dans un premier temps, les groupes d'âge les plus jeunes sont liés à des coefficients fortement négatifs et ces coefficients demeurent négatifs pour tous les groupes d'âge de moins de 20 ans. Les jeunes fréquentant le milieu scolaire jusqu'au collégial sont donc peu susceptibles de réaliser leur déplacements *études* en auto. Au-delà de 20 ans, les déplacements *études* sont de plus en plus souvent réalisés en voiture jusqu'à 50 ans. Le mode auto est donc davantage choisi par les adultes. Au-delà de 50 ans, les effets diminuent en importance, pour finalement peu se différencier de 0 vers les 60-69 ans.

Aucune tendance ne s'exprime par l'analyse des coefficients estimés par le modèle. Les effets sont négatifs en 1987, positifs en 1998, puis de nouveau négatifs en 2008. La probabilité d'effectuer un déplacement *études* en auto est donc plus forte en 1998 que pour les autres années d'enquête.

Les coefficients estimés pour les cohortes présentent un intérêt particulier. La cohorte 1928, par exemple, était constituée au moment des enquêtes d'individus âgés de 60-69 ans, puis de 70-79 ans et finalement de 80-89 ans en 2008. Le seul groupe d'âge qui est retenu dans le modèle ici est celui des 60-69 ans, les groupes d'âges suivants n'ayant pas réalisé suffisamment de déplacements *études*. Ce qui est intéressant est le fait que le groupe d'âge de 60-69 ans est normalement associé à un coefficient négatif à peu près nul, mais que la cohorte 1928, concernée, influence de façon fortement positive la probabilité d'effectuer les déplacements études en auto. On s'intéresse également aux cohortes de 1998 et 2008. La première est composée d'individus âgés de 5-9 ans et de 10-19 ans lors des enquêtes 1998 et 2008 et la seconde, d'individus âgés de 5-9 ans lors de l'enquête 2008. Les coefficients estimés par le modèle pour ces groupes d'âge sont fortement négatifs, alors que les coefficients associés aux cohortes sont, à l'inverse, clairement positifs. La différence entre les effets véhiculés par l'âge avec ceux des cohortes nous renseignent sur un tout nouveau comportement, qui est visible uniquement chez les cohortes les plus jeunes, soit une plus grande probabilité d'effectuer les déplacements *études* en auto, donc possiblement d'être reconduits (les 16-19 ans compris dans le groupe 10-19 ans sont susceptibles d'être auto-conducteurs).

### 5.5.3 Ajustement et répartition géographique des probabilités

La performance du modèle de la probabilité d'un déplacement *études* soit réalisé en auto varie selon le groupe d'âge, le sexe et la période. Ces variations peuvent être visualisées sur la Figure 5-17.

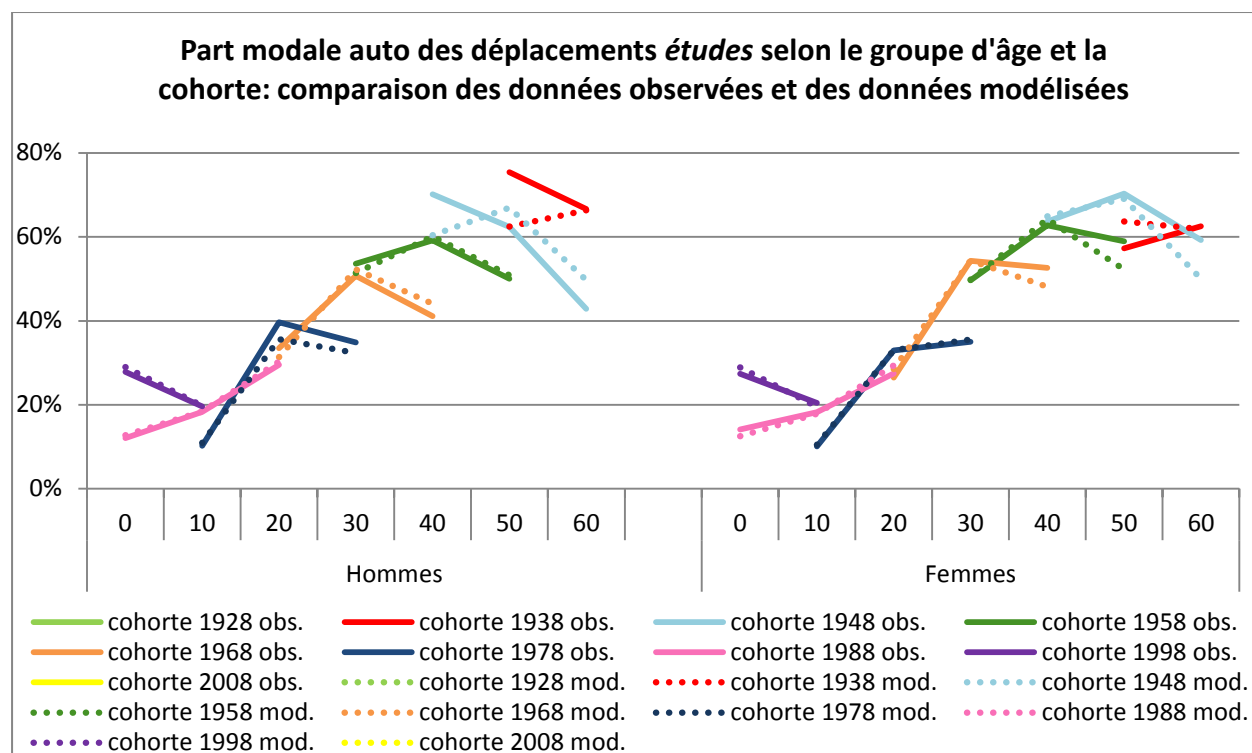


Figure 5-17. Part modale auto des déplacements *études* selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte, comparaison des données modélisées et des données observées

Chez les femmes comme chez les hommes, les écarts entre les données modélisées et les données observées sont davantage importants pour les individus âgés de plus de 40 ans. Pour les hommes de moins de 40 ans, les écarts se situent entre -4,02% et 1,15%, alors que pour les plus âgés, ils s'étendent entre -12,95% et 6,86%. Chez les femmes, on observe des écarts de -1,56% à 2,05% pour le premier groupe et de -9,26% à 6,41% chez les plus âgées. Le modèle semble donc avoir de la difficulté à expliquer les comportements pour les individus âgés de 40 ans et plus, peu importe la cohorte d'appartenance.

Les différences entre les parts modales observées et les parts modales modélisées sont présentées à la Figure 5-18.

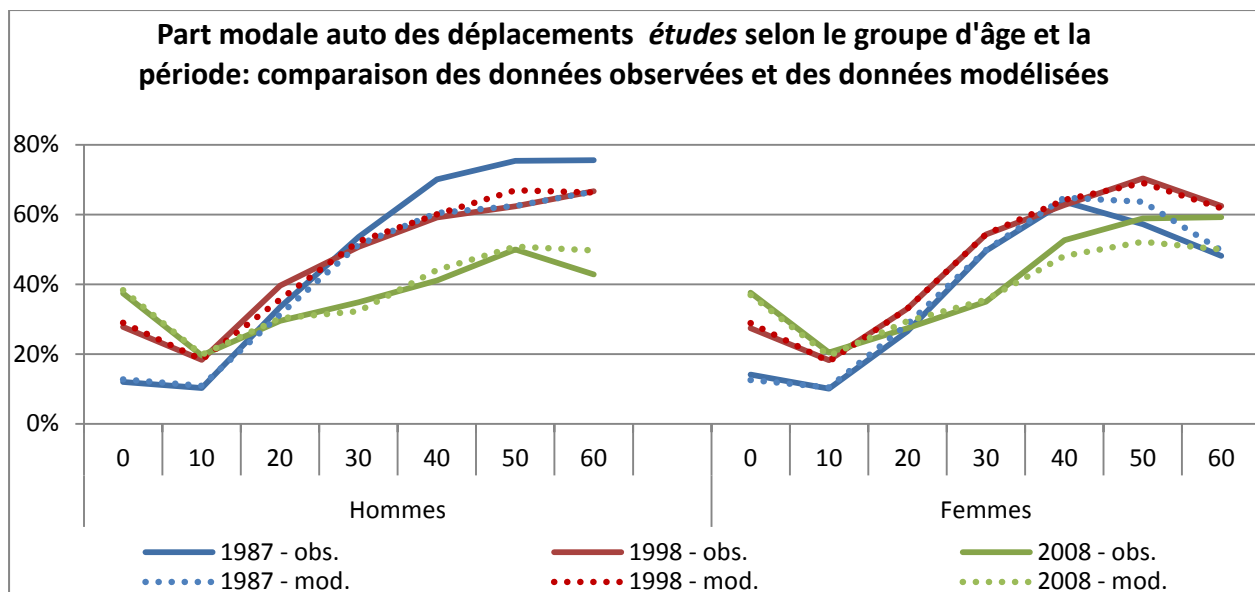


Figure 5-18. Part modale auto des déplacements *études* selon le groupe d'âge et la période: comparaison des données observées et des données modélisées

Il semble y avoir moins d'écarts entre les parts modales observées et les parts modales modélisées pour la période 1998. Alors que le modèle performe généralement assez bien pour les hommes en 2008, il démontre des faiblesses pour l'année 1987. On observe la relation inverse chez les femmes, les écarts sont plus importants en 2008 qu'en 1987.

La Figure 5-19 démontre que les écarts relatifs ne semblent pas se concentrer plus fortement selon des propriétés géographiques. Les secteurs où les écarts sont plus importants sont assez distribués, et on n'observe pas de concentration.

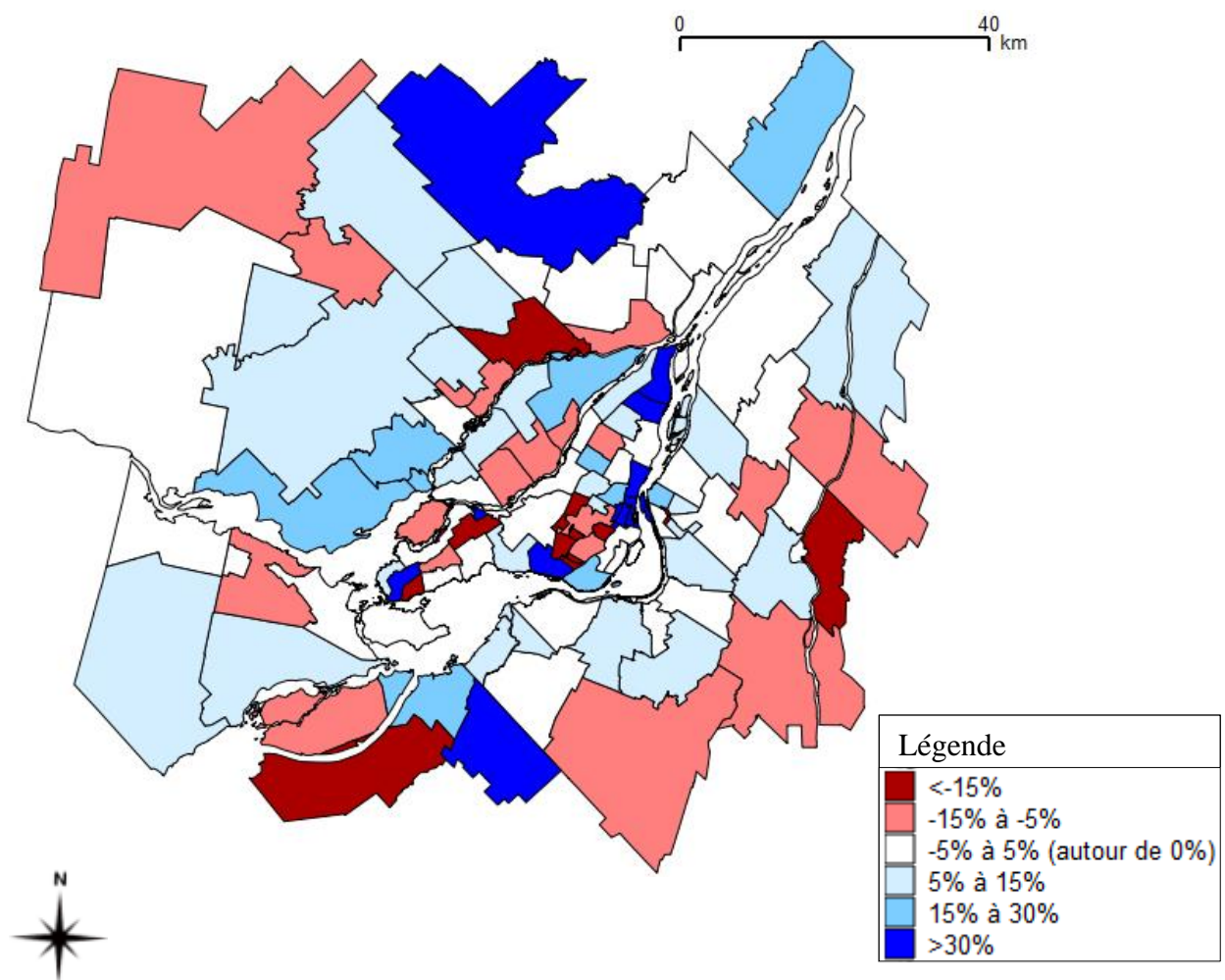


Figure 5-19. Analyse géographique des écarts entre les parts modales auto des déplacements *études* observées et des parts modales modélisées

## 5.6 Analyse de la probabilité qu'un déplacement *travail* soit réalisé en TC

La revue de la littérature a permis de dévoiler la tendance émergente selon laquelle il y aurait un regain d'intérêt pour le TC dans la grande région de Montréal. Les abonnements forfaits et les incitations sociales et économiques pour se débarrasser de sa voiture sont mis de l'avant comme des causes potentielles de ce regain d'intérêt. L'évolution des infrastructures de transport pourrait affecter la part modale du TC pour les déplacements *travail*. Le réseau du métro et celui du train de banlieue ont en effet été élargis entre 1987 et 2008 et des améliorations constantes pour l'efficacité des systèmes d'autobus et la fiabilité des connexions intermunicipales ont été effectuées.

Un bref retour sur les constats de l'analyse descriptive est effectué avec le Tableau 5-12.

Tableau 5-12. Synthèse des effets des variables sur la part modale TC des déplacements travail

Classes de variables	variables	Effets sur les indicateurs
		Part modale TC des déplacements <i>travail</i>
<b>sexe</b>	femme	positif
<b>Âge</b>	âge	léger, selon l'âge et la période
<b>Période</b>	Période 1988	positif pour les femmes, négatif pour les hommes
	Période 2008	négatif chez les femmes, positif chez les hommes
<b>Motorisation</b>	sans-auto	positif
	auto-négociée	positif en 2008
	auto-suffisant	négatif
<b>taille du ménage</b>	1 personne/logis	positif
	3 personnes/logis	négatif
	4 personnes et plus/logis	négatif
<b>région de résidence</b>	Montréalais	positif
	Lavalais	négatif
	Nord-Riverain	négatif
	Sud-Riverain	négatif
<b>offre de transport</b>	sans offre de transport lourd dans un rayon de 5 km	négatif
	voisin d'un métro (à l'intérieur de 1 km)	positif
	voisin d'une gare (à l'intérieur de 5 km)	positif

### 5.6.1 Définition du modèle

À peu près les mêmes variables explicatives retenues dans les autres modèles caractérisent le modèle de la probabilité qu'un déplacement *travail* soit réalisé en TC. La formulation du modèle est la suivante :

```
apc_ie tc femme nscolaire de5a10 de10a15 plogi1 plogi2 plogi3 sansauto autosuffi lavalais sudrive
dist_cvk dens2 dens3 dens4 dens5 dens6 dens7 dens8 dens9 dens10 metro500m gare1kmb gare5kmb
[fweight = facperx], family(binomial) link(logit) age(gr_age) period(annee) cohort(gr_cohorte) irls
```

La Figure 5-20 permet d'apprécier les résultats en termes de performance du modèle.

```

Intrinsic estimator of APC effects      No. of obs   = 4.27e+08
Optimization   : MQL Fisher scoring      Residual df   = 4.27e+08
              (IRLS EIM)                 Scale parameter = 1
Deviance       = 338967056.7              (1/df) Deviance = .793114
Pearson        = 432689461.2              (1/df) Pearson = 1.012405

Variance function: V(u) = u*(1-u/1)      [Binomial]
Link function   : g(u) = ln(u/(1-u))     [Logit]

              AIC      = .
Deviance      = .      BIC      = -8.15e+09

```

Figure 5-20. Extrait des résultats concernant la performance du modèle de la probabilité qu'un déplacement *travail* soit réalisé en TC (produits par Stata)

Les résultats du modèle sont présentés au Tableau 5-13.. Le fait d'être une femme a un effet positif sur la probabilité de choisir le TC, mais ce sont surtout les variables de motorisation *sans-auto* et *auto-suffisant* qui ont les effets les plus importants, tel qu'attendu suite à l'analyse descriptive. La variable *sans-auto* a un coefficient de 1,7150 et la variable *auto-suffisant*, un coefficient de -1,2548, ce qui fait de ces deux variables les seules du modèle à avoir des coefficients absolu au-dessus de 1.



Tableau 5-13. Extrait des spécifications fournies par le modèle de la part modale TC des déplacements *travail*

Classes de variables	Nombre d'observation réelle: 432 980			
	variables	coefficient	z	P> z
	Constante	-0,9271	-1030,0800	0,0000
sexe	homme	ref	ref	ref
	femme	0,7158	2577,2000	0,0000
Âge	groupe d'âge de 10-19 ans	0,3802	396,5700	0,0000
	groupe d'âge de 20-29 ans	0,0353	64,8700	0,0000
	groupe d'âge de 30-39 ans	0,0132	29,4600	0,0000
	groupe d'âge de 40-49 ans	-0,0713	-147,6500	0,0000
	groupe d'âge de 50-59 ans	0,0275	43,1500	0,0000
	groupe d'âge de 60-69 ans	-0,0332	-37,1500	0,0000
	groupe d'âge de 70-79 ans	-0,3516	-228,0100	0,0000
Période	Période 1988	0,0663	208,5500	0,0000
	Période 1998	-0,1953	-951,2500	0,0000
	Période 2008	0,1290	398,7600	0,0000
Cohorte	cohorte 1918	0,3201	112,1100	0,0000
	cohorte 1928	-0,2268	-152,0800	0,0000
	cohorte 1938	-0,3004	-265,6600	0,0000
	cohorte 1948	-0,2725	-306,0000	0,0000
	cohorte 1958	-0,1343	-205,4800	0,0000
	cohorte 1968	0,0019	4,2200	0,0000
	cohorte 1978	0,1203	301,8800	0,0000
	cohorte 1988	0,2271	414,5700	0,0000
	cohorte 1998	0,2646	180,8900	0,0000
motorisation	sans-auto	1,7161	3796,4700	0,0000
	auto-négociée	ref	ref	ref
	auto-suffisant	-1,2557	-3249,4300	0,0000
taille du ménage	1 personne/logis	0,1706	266,5000	0,0000
	2 personnes/logis	0,0593	136,8600	0,0000
	3 personnes/logis	0,0529	130,6500	0,0000
	4 personnes et plus/logis	ref	ref	ref

Tableau 5-13. Extrait des spécifications fournies par le modèle de la part modale TC des déplacements travail (suite)

Classes de variables	Nombre d'observation réelle: 432 980			
	variables	coefficient	z	P> z
nombre d'enfants par groupe d'âge	enfants préscolaires	-0,0311	-85,3100	0,0000
	enfants âgés de 5 à 10 ans	0,0527	151,8800	0,0000
	enfants âgés de 10 à 15 ans	-0,0431	-123,9000	0,0000
région de résidence	Montréalais ou Nord-riverain	ref	ref	ref
	Lavallois	-0,1518	-284,1000	0,0000
	Sud-riverain	-0,1477	-365,4600	0,0000
	distance du centre-ville (km)	-0,0492	-2148,2700	0,0000
classe de densité	densité <1000 pers/km <sup>2</sup> (1)	ref	ref	ref
	densité 1000 - 3000 pers/km <sup>2</sup> (2)	0,0634	124,5700	0,0000
	densité 3000 - 4500 pers/km <sup>2</sup> (3)	0,1654	297,7100	0,0000
	densité 4500 - 6000 pers/km <sup>2</sup> (4)	0,1512	234,5000	0,0000
	densité 6000 - 7500 pers/km <sup>2</sup> (5)	0,1946	279,3200	0,0000
	densité 7500 - 9000 pers/km <sup>2</sup> (6)	0,1676	225,2100	0,0000
	densité 9000 - 10500 pers/km <sup>2</sup> (7)	0,1906	241,9400	0,0000
	densité 10500 - 12000 pers/km <sup>2</sup> (8)	0,0528	62,1400	0,0000
	densité 12000 - 14000 pers/km <sup>2</sup> (9)	0,0615	73,9100	0,0000
	densité >14000 pers/km <sup>2</sup> (10)	-0,0936	-127,5700	0,0000
offre de transport	sans offre	ref	ref	ref
	metro 500m	0,0440	103,6700	0,0000
	gare 1km	0,1244	256,6300	0,0000
	gare 5 Km	-0,0487	-149,0300	0,0000

La taille du ménage est associée à des coefficients positifs, peu importe la taille. Les coefficients pour le nombre d'enfants sont négatifs ou positifs selon le groupe d'âge des enfants. Lorsque les enfants sont âgés de 5 à 10 ans, le coefficient est positif, impliquant une plus forte probabilité d'utiliser le TC pour se rendre au travail. Le nombre d'enfants pour les deux autres groupes d'âges sont cependant associés à des coefficients négatifs.

Résider à Laval ou sur la Rive-sud diminue les probabilités de choisir le TC pour aller travailler, et plus le domicile est éloigné du centre-ville de Montréal, plus les probabilités d'effectuer un tel choix décroissent.

Finalement, l'accès à une station de métro (moins de 500m) ou une gare de train (moins de 1km) incite le choix modal TC, alors qu'une gare de train dans un rayon de 5km est associée à un coefficient négatif.

### 5.6.2 Identification des effets

La Figure 5-21 permet d'apprécier les effets de l'âge, de la période et de la cohorte sur les graphiques.

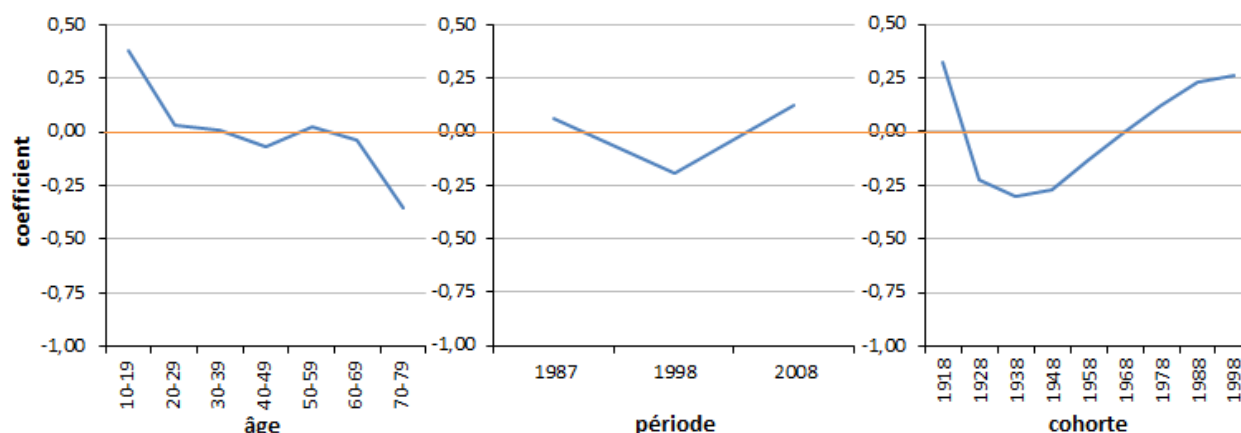


Figure 5-21. Coefficients APC estimés pour la part modale TC des déplacements *travail*

Les effets d'âge estimés par le modèle varient largement au cours du vieillissement. L'effet est fortement positif avant 20 ans, puis perd en importance entre 20 et 40 ans. À partir de 60 ans, l'effet de l'âge décroît graduellement et devient de plus en plus négatif. On est donc susceptibles de réaliser nos déplacements pour le *travail* en TC avant 60 ans, mais il est très peu probable de le faire au-delà de cet âge.

Le coefficient associé à 1987 est positif, tout comme celui associé à 2008, alors qu'on observe un effet négatif en 1998. La part modale TC des déplacements *travail* aurait donc diminuée entre 1987 et 1998 et serait en croissance depuis.

Une grande variation définit la courbe construite par les coefficients estimés pour chacune des cohortes. Les cohortes comprises entre 1918 et 1968 sont peu susceptibles de réaliser leurs déplacements *travail* en TC mais les probabilités chez les cohortes plus récentes sont élevées.

Il est intéressant d'indiquer que les effets de cohortes et ceux des groupes d'âge se reflètent peu et sont même assez différents. Il y aurait donc eu un changement d'habitudes et le contexte serait peut-être plus favorable pour les jeunes générations en ce qui concerne l'utilisation du TC.

### 5.6.3 Ajustement et analyse des erreurs

Généralement, la performance du modèle est satisfaisante et le modèle semble reproduire assez fidèlement les comportements si on compare les parts modales observées et les parts modales modélisées selon l'âge et la cohorte, tel que le présente la Figure 5-22. L'étendue des différences enregistrées entre les parts modales observées et les parts modales modélisées est moins importante chez les hommes que chez les femmes.

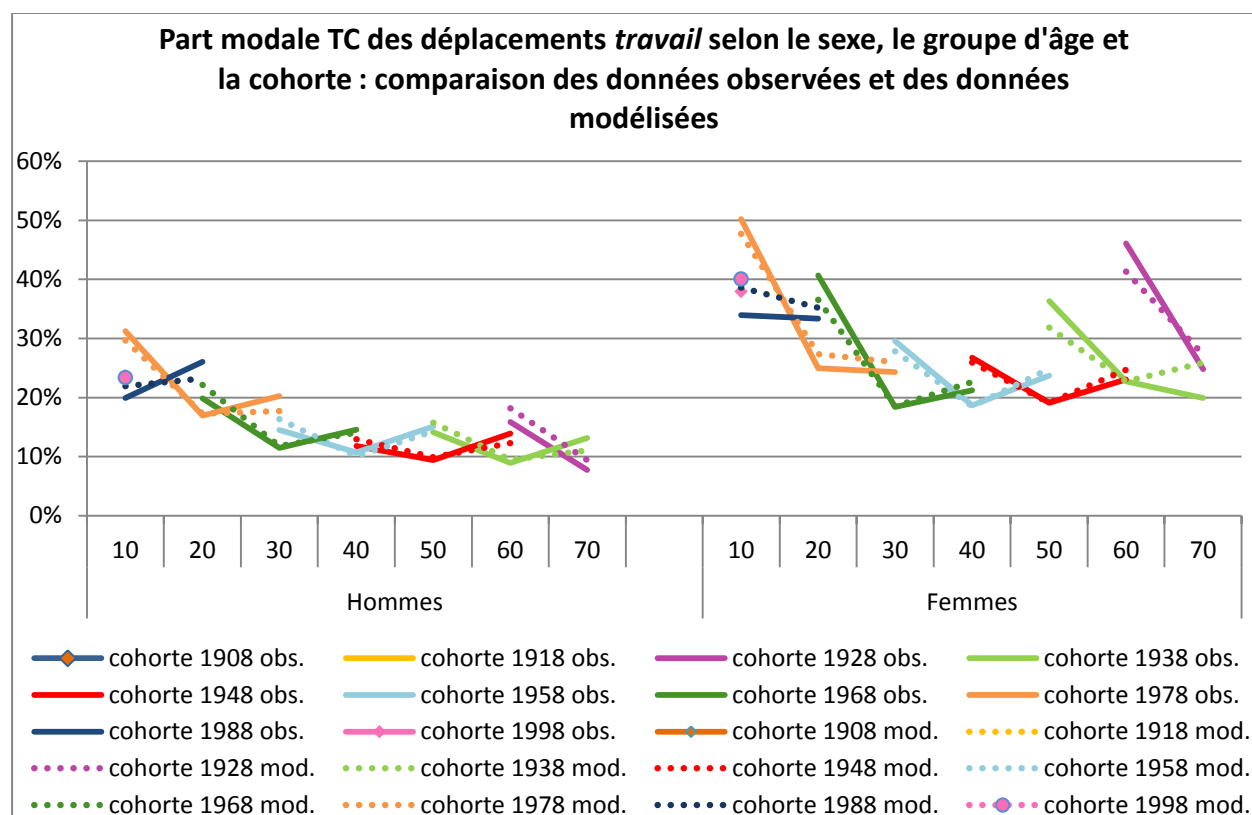


Figure 5-22. Part modale TC des déplacements *travail* selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte : comparaison des données observées et des données modélisées

Chez les hommes, les écarts sont particulièrement importants pour les 60 ans et plus, et ces derniers varient entre -4,97% à 2,36%, mais chez les plus jeunes, ces écarts sont entre -2,83% et 2,29%. Pour les déplacements effectués par des femmes, on remarque que le modèle provoque

des différences d'entre -4,77% à 5,98% entre les parts modales observées et les parts modales modélisées.

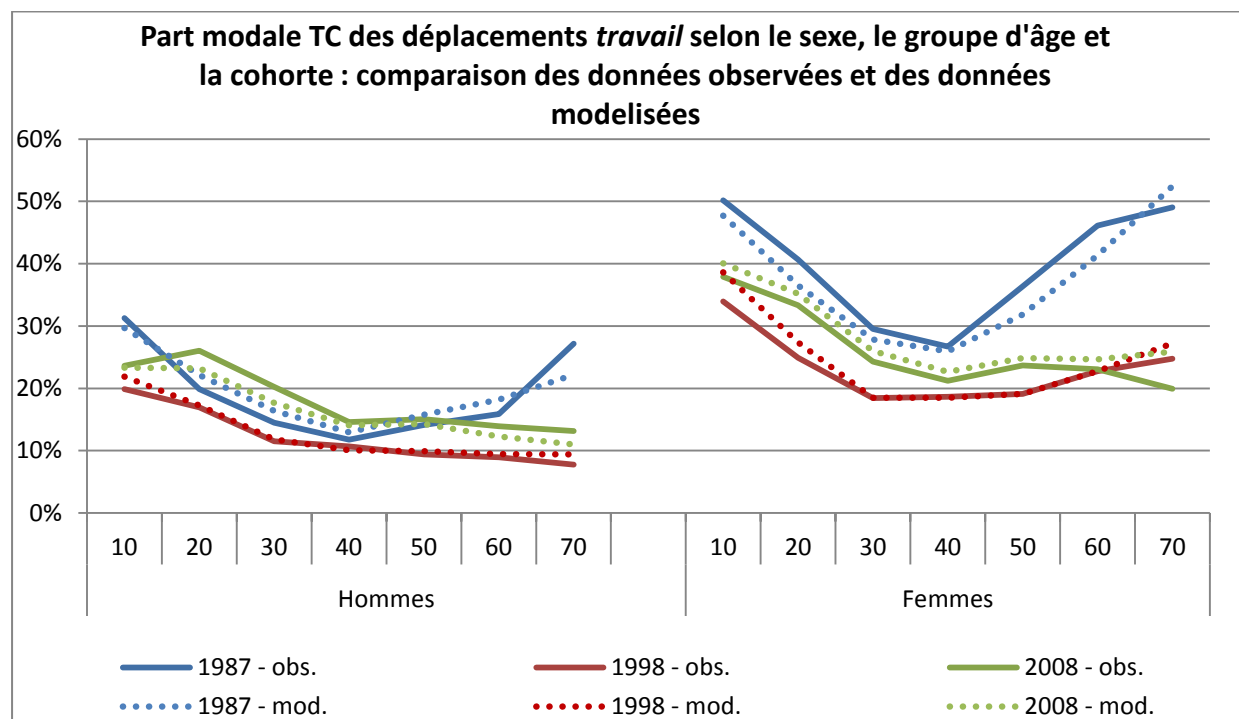


Figure 5-23. Part modale TC des déplacements *travail* selon le sexe, le groupe d'âge et la période : comparaison des données observées et des données modélisées

Il n'y a pas de période pour laquelle le modèle a davantage de difficultés à expliquer les comportements, comme on le remarque sur la Figure 5-23.

La Figure 5-24 permet de vérifier si des écarts importants entre les parts modales observées et les parts modales modélisées du TC sur les déplacements *travail* se concentrent sur les parties du territoire spécifiques.

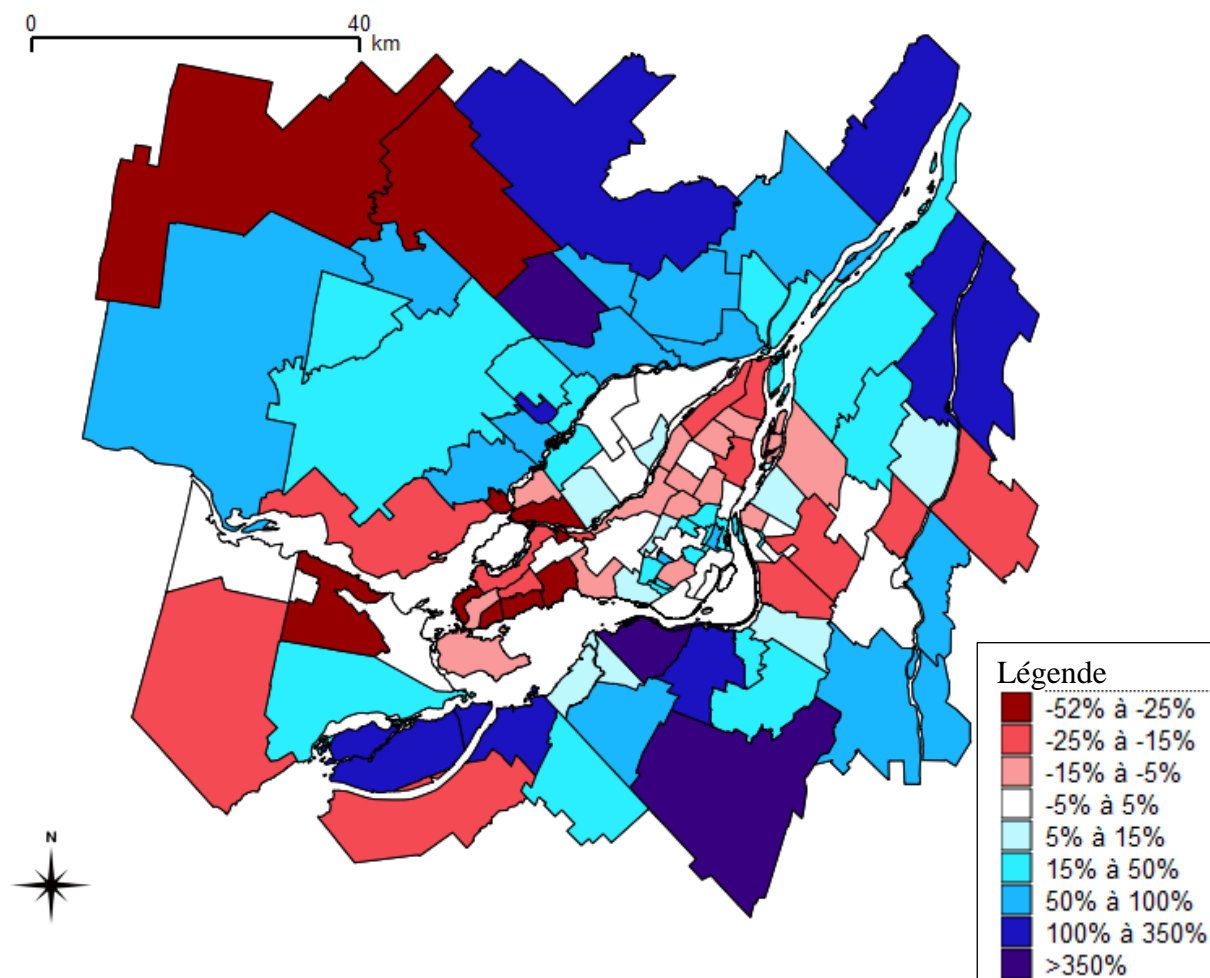


Figure 5-24. Distribution géographique des écarts relatifs entre les parts modale TC des déplacements *travail* observées et les parts modales modélisées

Le modèle surestime la part modale du TC des déplacements *travail* au centre-ville. Sur le reste de l'île de Montréal, le modèle sous-estime la part modale TC, alors qu'il la surestime assez généralement dans les banlieues proches, à l'exception de Longueuil, Boucherville et Brossard. Les secteurs les plus éloignés au Nord voient la part modale TC des déplacements *travail* sous-estimés.

## 5.7 Analyse exploratoire : un modèle APC selon le genre

Une analyse exploratoire a été conduite sur le nombre moyen de déplacements quotidiens. Cet indicateur a été choisi par son caractère classique dans la littérature. Cette technique de modélisation exploratoire vise à établir comment un modèle estimé séparément pour chacun des groupes selon le sexe pourrait offrir des effets d'âge-période-cohorte différents de ceux issus d'un modèle général.

L'étude des corrélations entre les variables a donc été reconduite afin de vérifier que le modèle de référence pouvait être appliqué sur l'un ou l'autre des groupes. Ce processus a démontré que lorsqu'on segmentait les individus selon le genre, de nouvelles corrélations étaient observées. Ainsi, le modèle de référence ne peut être appliqué dans sa forme originale. Un choix supplémentaire entre deux variables indépendantes devait être fait pour la formulation du modèle chez les femmes. La taille de ménage d'une seule personne est trop fortement corrélée avec le niveau de motorisation *sans-auto*. La variable qualifiant le fait d'habiter ou de ne pas habiter dans un ménage d'une seule personne est ainsi la seule variable qui doit être retirée du modèle original lorsqu'il est appliqué aux femmes exclusivement. Les résultats sont les mêmes que l'on implique la variable *homme* ou la variable *femme* dans le modèle de référence appliqué sur la population totale.

### 5.7.1 Performance du modèle : comparaisons

Le processus de modélisation a permis de démontrer (Figure 5-25) que la formulation du modèle de référence est celle qui performe le mieux même lorsqu'on sépare la population selon le genre, la seule exception étant le besoin de retirer la variable *taille de ménage d'une personne* chez les femmes. L'application du modèle de référence sur les populations masculines et féminines prises séparément offre une déviance totale moindre que lorsque le modèle est appliqué sur la population dans son ensemble. Cette technique pourrait être prometteuse, elle est davantage performante.

Figure 5-25. Résultats selon la population sur laquelle est appliqué le

	L'application du modèle sur:		
	Population	Hommes	Femmes
<b>Nombre d'observations:</b>	979 000 000	475 000 000	504 000 000
<b>Déviance (1/df)</b>	2.570459	2.443027	2.669923
<b>Déviance totale</b>	2517518019	1160782264	1346343708
		2507125972	

modèle d'un nombre moyen de déplacements

### 5.7.2 Identification des effets APC : comparaisons

Une modélisation séparée selon le genre propose également des effets bruts différents. La figure ci-dessous permet d'apprécier ces différences. Les effets bruts de l'âge chez les femmes divergent dans le sens où la courbe décroissante à partir de 70 ans démontre une diminution de la mobilité plus intense que chez les hommes ou que ce que l'on observe dans la population dans son ensemble.

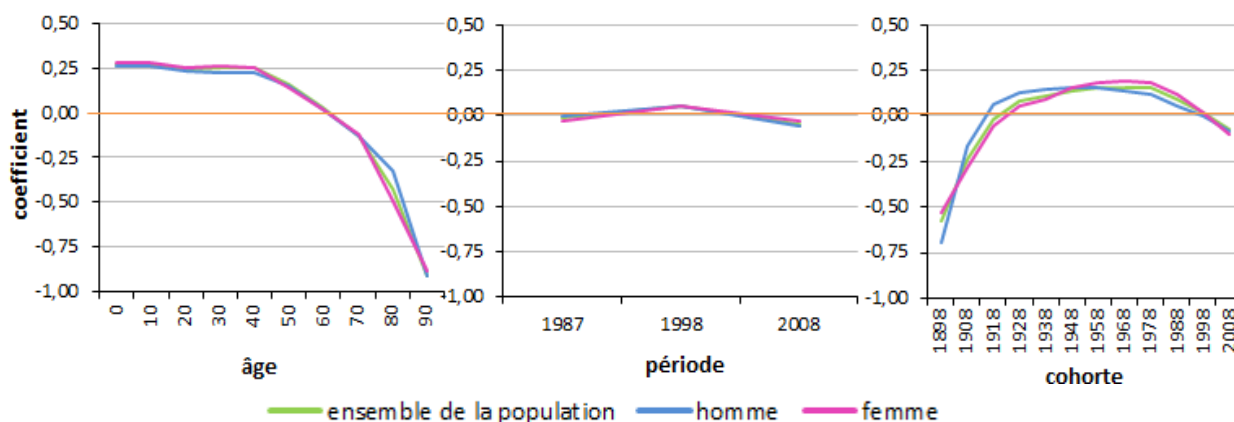


Figure 5-26. Effets bruts d'âge, de cohorte et de période selon la population sur laquelle est appliqué le modèle du nombre moyen de déplacements quotidiens

Les effets bruts de période sont très peu différents selon le genre. On remarque toutefois que le coefficient estimé pour 1987 est plus élevé que celui de 2008 pour les hommes, et que le coefficient estimé pour 1987 est plus élevé que celui de 2008 pour les femmes. Il y a peu de différences observées dans les effets bruts des cohortes selon le genre. Chez les cohortes plus anciennes, ce sont les hommes qui ont les coefficients les plus élevés, indiquant qu'ils effectuent



plus de déplacement quotidiennement que les femmes ou que la population en générale. Pour les cohortes plus récentes que la cohorte de 1948, ce sont les femmes qui ont les coefficients les plus élevés. L'effet de l'appartenance à ces cohortes est donc plus important et implique une plus grande mobilité.

### 5.7.3 Réflexion sur l'analyse exploratoire

Outre l'atteinte d'une meilleure performance totale, l'application séparée du modèle sur les populations masculine et féminine offre l'avantage d'une décomposition des effets APC bien plus précise. Que le modèle original appliqué à la population totale ait la variable *homme* comme variable de référence et la variable *femme* comme variable explicative, ou *femme* comme variable de référence et la variable *homme* comme variable explicative, n'implique aucune différence pour les effets bruts estimés pour la population totale. Les différences observées entre les effets bruts estimés pour les hommes et pour les femmes ne s'expliquent donc pas par la formulation du modèle. L'estimation des effets bruts par l'application d'un modèle sur des segments de population permet de relâcher la contrainte d'égalité qui force les coefficients à être les mêmes pour plusieurs segments de population lorsqu'on applique le modèle sur la population totale.

L'intérêt des résultats issus de l'application du modèle sur les populations séparées selon le genre suggère d'étendre la technique à une population divisée de plus en plus finement selon les autres caractéristiques personnelles indépendantes (niveau de motorisation, taille de ménage, localisation résidentielle, etc.). Des coefficients bruts d'âge, de période et de cohorte spécifiques à chaque sous-population pourraient ainsi être proposés et comparés. Cependant, trois difficultés nous amène à écarter l'utilisation exhaustive de cette méthode. D'abord, la limite de la taille de l'échantillon utilisé signifie des sous-populations trop peu nombreuses pour soutenir des analyses pertinentes. En deuxième lieu, le modèle serait dépouillé de toutes ses variables indépendantes ayant amélioré sa performance. Finalement, l'application du modèle de référence (comportant uniquement les variables d'âge, de période et de cohorte) devrait être menée sur plusieurs centaines de sous-populations, réduisant l'efficacité générale du processus de modélisation.

## 5.8 Discussion

La composition des modèles testés dans le cadre de ce travail se base sur un ensemble constant de variables. En effet, une grande quantité de variables sont retenues pour leur incidence sur les variables dépendantes. Le genre affecte dans tous les cas le comportement de mobilité. Le niveau de motorisation, caractérisé par la variable *sans-auto* et *auto-suffisant*, sont présents dans tous les modèles exceptés le modèle explicatif de la proportion d'*auto-suffisants*. Les variables de ménage concernant la taille sont également retenues dans les modèles. Il est dommage, toutefois, de ne pas être en mesure de connaître les effets de l'appartenance à un ménage plus nombreux, puisque tous les ménages de quatre personnes et plus sont groupés pour satisfaire à des exigences de taille d'échantillon minimale. Le nombre d'enfants par groupe d'âge améliore les modèles et permet d'affiner la connaissance du ménage d'appartenance, qui sur la base seule de la taille, est soumis à une grande variabilité de combinaisons. Les variables de voisinage telles que la distance au centre-ville, d'appartenance résidentielle à la région de Laval et à la Rive-sud sont d'autres variables que l'on retrouve le plus souvent au travers des modélisations. Les mêmes classes de densité figurent généralement dans tous les modèles. Il est surprenant que malgré une quantité impressionnante de combinaisons de variables à intégrer au modèle, les modèles soient dominés par une quantité très restreinte de ces combinaisons.

Certains coefficients sont difficiles à interpréter, ce qui peut susciter des questionnements. Lorsque la variable est évaluée seule, il peut être difficile de comprendre le sens de ses effets, mais ceux-ci sont estimés en considération des autres attributs individuels. Par exemple, le coefficient associé avec le nombre d'enfants de 5-10 ans dans le ménage du modèle de la part modale du TC des déplacements *travail* (Tableau 5-13.) est positif alors que les coefficients pour le nombre d'enfants des autres groupes d'âge sont négatifs. L'explication de la variation entre ces coefficients repose sur des hypothèses : par exemple, les enfants de 5 à 10 ans ont plus facilement accès à l'autobus scolaire, où habitent assez près de l'école pour s'y rendre à pied ou à vélo. Ces conditions hypothétiques pourraient diminuer la nécessité pour les parents d'accompagner les enfants dans leurs déplacements. Les parents sont donc potentiellement plus libres d'effectuer leurs déplacements en TC plutôt qu'en voiture puisqu'ils n'auraient ainsi pas la responsabilité d'effectuer des chaînes complexes de déplacements.

La non-correspondance entre les effets d'âge et les effets de cohortes indique la pertinence d'un approfondissement des analyses. Par exemple, les effets de cohorte pour les cohortes les plus récentes dans le modèle de la part modale du transport en commun des déplacements *travail* sont positifs, alors que les effets d'âge pour les groupes plus jeunes sont fortement négatifs. Des hypothèses sont nécessaires pour approfondir la réflexion: se pourrait-il que le développement des réseaux de transport en commun ait mis en place un contexte plus favorable pour le transport en commun chez les cohortes les plus jeunes? Est-ce qu'il y a une tendance qui émerge chez les cohortes plus jeunes? L'établissement d'hypothèses non-vérifiables pour expliquer la valeur des coefficients ne permet pas une interprétation juste des phénomènes dans le cadre de ce projet et les analyses ont dû être concises et basée sur ce qui est observables.

La modélisation Âge-Période-Cohorte peut permettre d'identifier l'émergence ou le déclin de tendances, mais quelques problématiques relativisent les constats. Lorsque les coefficients attribués aux périodes sont peu différents de 0, mais qu'une tendance semble se démarquée, il peut être prématuré de déclarer s'il s'agit effectivement d'une tendance étant donné la faiblesse des effets. Une deuxième problématique provient du fait que les effets de période considèrent l'ensemble de la population. Une tendance qui se démarque clairement et qui est véritablement différente de 0 reste toutefois une tendance globale. La mise en relation des effets d'âge et de cohorte peut permettre d'éclaircir certaines tendances chez les nouvelles cohortes, par exemple pour la part modale auto des déplacements *études* et la part modale TC des déplacements *travail* (sections 5.5.25, 5.6.2). Mais l'interprétation reste délicate et demande l'approfondissement des réflexions. L'analyse des effets estimés séparément pour les sous-populations qui nous intéressent pourrait être une solution afin d'identifier des tendances ciblant certains groupes d'individus. De cette façon, l'estimation des effets n'est pas alimentée par le comportement des individus des autres groupes non concernés. Cette solution proposée a été testée dans l'analyse exploratoire (section 0). La précision et la pertinence de la méthode suggère d'étendre la méthode aux sous-populations d'intérêt pour la vérification d'un phénomène particulier. L'utilisation de cette méthode provoque toutefois de nouveaux enjeux, concernant notamment la taille de l'échantillon, l'applicabilité du modèle et l'efficacité du processus de modélisation.

L'ajustement et la répartition des écarts ou des probabilités a permis d'identifier quelques problèmes récurrents de modélisation. D'abord, il est à souligner que l'ensemble des modèles

peinent à expliquer les comportements de mobilité pour les groupes d'âge les plus vieux. Pour plusieurs des variables dépendantes, soit la probabilité d'être non-mobile, la probabilité d'être *auto-suffisant* et le taux de mobilité, le seuil au-delà duquel les différences entre les proportions/valeurs observées et les proportions/valeurs modélisées prennent en importance est situé à 50 ans. En ce qui concerne la part modale auto des déplacements *études*, la difficulté du modèle à expliquer les comportements débute à partir des groupes d'âge de 40 ans et plus. Les écarts entre les parts modales TC selon le groupe d'âge pour les déplacements *travail* observées et modélisées sont quant à eux particulièrement importants pour les plus de 60 ans. Les modèles ont ainsi une plus grande difficulté à expliquer les comportements lorsque les individus sont plus âgés. Ceci pourrait indiquer l'absence de variables indépendantes importantes pour l'ensemble des indicateurs de mobilité qui pourrait mieux caractériser les individus âgés de 40-50 et plus en général.

## CHAPITRE 6 CONCLUSION

La richesse des données issues des enquêtes Origine-Destination a permis une approche démographique pour l'étude et la modélisation de la demande de transport dans la grande région montréalaise. Les enquêtes menées à des intervalles réguliers facilitent la constitution et le suivi dans le temps de cohortes synthétiques. L'analyse descriptive démographique s'est concentrée sur les relations entre l'appartenance à un groupe d'âge, à une cohorte et la période avec certains indicateurs de mobilité. Elle a par ailleurs permis d'observer les effets d'une ségrégation de la population en de plus petites unités selon l'ajout de variables explicatives supplémentaires. L'objectif principal de ce projet était d'évaluer la pertinence de l'approche démographique en vue d'améliorer la prévision de la demande de transport au Québec, en partie grâce à l'identification de tendances émergentes et déclinantes.

Quelques grandes tendances lourdes décrites par la littérature ont été confirmées par l'analyse descriptive et la modélisation Âge-Période-Cohorte. La croissance de la motorisation *auto-suffisante* depuis 1987 semble ne faire aucun doute. Cependant, l'analyse descriptive a démontré que cette croissance était mitigée dans certaines sous-populations. Ainsi, la proportion des *auto-suffisants* parmi les moins de 35 ans a peu évolué depuis les vingt dernières années; cela est particulièrement vrai pour les Montréalais.

Les comportements de mobilité des femmes semblent avoir rejoint ceux des hommes; les taux de mobilité et le nombre de chaînes de déplacements quotidien diffèrent peu selon le genre. Les femmes affichent des niveaux de motorisations aussi élevés que les hommes en ce qui concerne la proportion d'*auto-suffisants*, mais sont toutefois en plus grande proportion *sans-autos*.

La croissance de la proportion de non-mobiles est également attestée grâce à la modélisation et à la visualisation des effets APC décomposés. Selon la littérature, divers éléments favoriseraient la prise en importance de cette tendance, tel que le vieillissement, l'assouplissement des conditions de *travail* et le télétravail.

D'autres tendances potentielles ont été plus difficiles à identifier et à apprécier. La croissance de la part modale du TC pour les déplacements *travail*, par exemple, est moins évidente. La différence entre les effets de période estimés pour 1998 et ceux de 2008 est modeste, mais l'appartenance aux cohortes les plus jeunes est associée à une plus grande importance du

transport en commun. La croissance de la part modale auto des déplacements effectués pour les *études* est tout aussi difficile à affirmer par les méthodes utilisées.

## 6.1 Contributions

L'analyse descriptive et la modélisation selon une approche démographique n'est pas nécessairement original, puisque ces procédures avaient été testées dans des travaux précédents (Grégoire, 2011; Pépin, 2012). Cependant, ces démarches sont pour la première fois appliquées à l'ensemble de la population de la région métropolitaine. Le projet ne se concentrant pas sur des problématiques particulières telles que la mobilité des personnes âgées, ou celles des jeunes, les variables explicatives retenues pour le projet sont très différentes des analyses préalablement conduites. Une nouvelle quantification des effets se justifie donc pleinement afin de bien comprendre les dynamiques actuelles.

L'exposition à l'offre de transport en commun a été pour la première fois prise en compte dans une analyse descriptive démographique et dans la modélisation Âge-Période-Cohorte appliquée sur la population de la grande région métropolitaine. Des variables caractérisant la présence d'une station de métro ou d'une gare de train ont été intégrées et permettent de reconnaître, du moins partiellement puisque l'évaluation de l'ensemble des aspects de l'offre de transport en commun était impossible au moment du projet, l'impact du milieu sur les comportements de mobilité.

L'analyse exploratoire menée au chapitre 0 a dégagé des conclusions intéressantes. La modélisation ségréguée pour des sous-populations offre des effets estimés pour l'âge, pour la cohorte et pour la période différents de ceux estimés pour l'ensemble de la population de référence. Les effets sont donc plus spécifiques à la sous-population qui nous intéresse. Cette analyse exploratoire démontre le potentiel d'une modélisation séparée pour faciliter l'identification de tendances émergentes et déclinantes. Cette méthode doit toutefois être utilisée avec modération en raison du temps exigé pour mener les modélisations sur chacun des segments de population. Finalement la modélisation appliquée sur des segments de population peut permettre de contourner, ou du moins, réduire la problématique impliquée par la fonction additive de la méthode de l'IE (chapitre 0). Cette problématique se traduit, rappelons-le, par une estimation des effets qui restent constants pour l'une des variables APC, quelle que soit la

combinaison des deux autres variables. Des segments plus petits limitent ainsi les combinaisons possibles.

Finalement, le projet a permis de démontrer le potentiel de la modélisation Âge-Période-Cohorte quant à l'amélioration des techniques de modélisation de prévision de la demande de transport actuellement utilisées. L'identification des tendances, facilitée par les méthodes APC, peut enrichir les hypothèses et les scénarios tendanciels qui servent de base pour la pondération des déplacements et des individus. Les recommandations formulées par l'auteure reconnaissent donc les bénéfices apportés par la modélisation APC, mais insistent sur l'intérêt de mener les modélisations sur des segments de population préalablement définis au sein desquels la vérification des tendances est souhaitée.

## 6.2 Limites et perspectives

Certaines limites ont été exposées dans les chapitres précédents, telles que les limites liées à la méthode de modélisation selon l'estimateur intrinsèque (chapitre 0) et celles impliquées par le choix d'un territoire non-comparable (chapitre 3.1.2).

Une autre limite se situe au niveau du nombre d'enquête Origine-Destination utilisées dans ce projet. Le choix de trois enquêtes se justifie vu l'incertitude reliée aux données de certaines enquêtes qu'on a souhaité éviter en ne conservant que quelques enquêtes. Cependant, le fait de n'avoir que trois moments d'observation affaiblit la précision de l'estimation des effets des variables démographiques. L'identification de tendance par la visualisation des effets de période est d'autant plus difficile à attester, puisque le suivi s'effectue en trois points plutôt que cinq.

Malgré un choix appuyé par la littérature, la définition des classes de densité s'est révélée peu efficace puisque les effets estimés sont assez semblables d'une classe à la suivante. Il aurait donc été possible d'agréger les classes qui n'avaient pas des effets différents. Même si les classes de densité ont été intégrées en tant que variables dans la plupart des modèles, ces variables ne sont pas les plus pertinentes pour caractériser le voisinage de l'individu.

L'une des limites les plus importantes rencontrées au cours du projet concerne la caractérisation de l'exposition à l'offre de transport. La disponibilité des données et le choix des variables sont les deux principales problématiques. En effet, certains aspects de l'offre de transport n'ont pu être

caractérisés faute de données à exploiter. Alors qu'on a pu arriver à inclure la présence de stations de métro et la présence de gares de train à distance de marche acceptable dans la série de variables explicatives testées, il était également souhaité de considérer l'offre de service d'autobus et la connectivité et l'accessibilité grâce au réseau routier. Pour les deux aspects non traités, l'harmonisation des données au travers du temps était l'un des enjeux. En effet, la disponibilité des données pour l'ensemble de la période étudiée faisait défaut. Les données liées à l'offre de service d'autobus existaient sous différents formats, provenant des réseaux de modélisation MADITUC aux données GTFS. L'information diffère évidemment selon l'origine et un long processus de traitement de données était nécessaire pour départager les points de contrôle et de géométrie des arrêts pour les données des réseaux de modélisation MADITUC. Pour ce qui des réseaux routiers, les données étaient complètement indisponibles pour caractériser l'offre en 1987, au moment du projet du moins.

Le choix des variables pour caractériser l'offre de transport pour les aspects possibles à traiter aurait pu être plus avisé. La présence ou l'absence d'une installation donnant accès aux réseaux de transport en commun sur rails dans un rayon défini autour du domicile manque de finesse. Premièrement, la longueur du rayon est une mesure à vol d'oiseau, ce qui implique que la distance réseau pour atteindre une installation peut être assez longue. Une deuxième limite réside dans les longueurs de rayon qui délimite la zone d'exposition qui ont été testées. Les valeurs choisies s'appuient sur la littérature et la délimitation de la zone d'exposition autour du domicile pour rejoindre une gare s'établissait selon trois seuils, soit celui de 1 km, de 2.5 km et celui de 5 km. Un rayon de 5 km englobait trop d'individus. Les effets de la variable *présence d'une gare à moins de 5km* sont difficiles à évaluer, et on ne peut se prononcer sur les apports de cette variable aux modèles. La mesure du rayon idéal devrait varier selon le type de milieu de la résidence. Ainsi, des rayons de plus courts auraient pu être utilisés dans les secteurs centraux, où il y a peu de stationnement, et des rayons plus longs pour les régions plus éloignées du centre-ville, où il n'est pas nécessairement inhabituel de parcourir plusieurs kilomètres en voiture pour se stationner à la gare.

La difficulté des modèles à expliquer les comportements de mobilité pour les groupes d'âge plus vieux (environ 50 ans et plus) démontre l'absence d'une variable importante, soit l'occupation principale. En effet, les individus âgés de plus de 50 ans ont une occupation principale qui varie



fortement selon les individus. Ce groupe d'âge est lié à une étape charnière dans le cycle de vie, à la fin de la vie active sur le marché du travail ou à la retraite selon les individus, impliquant des comportements de mobilité différents en raison de contraintes différentes. L'intégration de cette variable aurait pu faire bénéficier les modèles d'une meilleure précision.

Finalement, d'autres variables auraient dû être considérées, telles que le temps d'accès, ou la distance minimale d'accès à partir du domicile pour rejoindre une installation.

## BIBLIOGRAPHIE

- Association québécoise de lutte contre la pollution atmosphérique, Faites de l'air. Consulté le 18 avril, Tiré de <http://www.faitesdelair.org/>
- AMT. Les enquêtes Origine-Destination précédentes. Consulté le 5 mars, Tiré de [http://www.amt.qc.ca/agence/portrait\\_mobilite/enquete\\_od.aspx](http://www.amt.qc.ca/agence/portrait_mobilite/enquete_od.aspx)
- Anastasopoulos, P. C., Islam, M. B., Perperidou, D., & Karlaftis, M. G. (2012). Hazard-based analysis of travel distance in urban environments: Longitudinal data approach. *Journal of Urban Planning and Development*, 138(1), 53-61. doi:10.1061/(asce)up.1943-5444.0000102
- André, D., Payeur, F. F., & Lachance, J.-F. (2009). *Perspectives démographiques du Québec et des régions, 2006-2056*. Québec: Institut de la Statistique du Québec
- Antipova, A., Wang, F., & Wilmot, C. (2011). Urban land uses, socio-demographic attributes and commuting: a multilevel modeling approach. *Applied Geography*, 31(3), 1010-1018.
- Armoogum, J., Madre, J.-L., & Krakutovski, Z. (2002). Validation et amélioration de l'approche démographique de la mobilité urbaine.
- Armoogum, J., Madre, J. L., & Bussière, Y. (2009). Measuring uncertainty in long-term travel demand forecasting from demographic modeling. *IATSS ReSeARch*, 33(2).
- Bhat, C., & Zhao, H. (2002). The spatial analysis of activity stop generation. *Transportation Research Part B: Methodological*, 36(6), 557-575.
- Bhat, C. R., & Koppelman, F. S. (1999). Activity-based modeling of travel demand *Handbook of transportation Science*. (pp. 35-61): Springer.
- Bodier, M. (1999). Les effets d'âge et de génération sur le niveau et la structure de la consommation. *Économie et statistique*, 324(1), 163-180.
- Bonnell, P. (2000). Une mesure dynamique des relations entre transports collectifs, étalement urbain et motorisation. Le cas de Lyon, 1976-1995.
- Bonnell, P. (2001). *Prévision de la demande de transport*. Tiré de Faculté de sciences économiques et de la gestion, Université Lumière Lyon 2.
- Bonnell, P. (2004). *Prévoir la demande de transport*. Paris: Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées.
- Bonnell, P., & Pochet, P. (2002). Une méthode de décomposition des effets : Lyon entre 1976 et 1994. In L'Harmattan (dir.), *Démographie et transport : villes du Nord et villes du Sud*. (pp. 79-105). Lyon.
- Bourbeau, R. (2009). Analyse transversale. Notes de cours, Département de démographie de l'Université de Montréal,
- Buehler, R. (2009). Determinants of automobile use: Comparison of Germany and the United States. *Transportation Research Record*(2139), 161-171. doi:10.3141/2139-19
- Bussière, Y., Armoogum, J., & Madré, J.-L. (1996). Vers la saturation ? Une approche démographique de l'équipement des ménages en automobile dans trois régions urbaines. *Population*, 955-977.

- Canada, S. *Recensement de la population de 1996*. E-STAT Tiré de [http://estat2.statcan.gc.ca/cgi-win/cnsmcgi.exe?Lang=F&EST-Fi=EStat\Francais\SC\\_RR-fra.htm](http://estat2.statcan.gc.ca/cgi-win/cnsmcgi.exe?Lang=F&EST-Fi=EStat\Francais\SC_RR-fra.htm)
- Canada, S. (2006). *Profil cumulatif*. E-STAT Tiré de [http://estat2.statcan.gc.ca/cgi-win/cnsmcgi.exe?Lang=F&EST-Fi=EStat\Francais\SC\\_RR-fra.htm](http://estat2.statcan.gc.ca/cgi-win/cnsmcgi.exe?Lang=F&EST-Fi=EStat\Francais\SC_RR-fra.htm)
- Celeux, G. *Statistique avec des petits échantillons*. Matériel de cours. Inria Saclay & Université Paris-Sud. Paris.
- Clark, B., Lyons, G., & Chatterjee, K. (2012). Exploring the interactions between life events, neighbourhood choice and car ownership transitions: Insights from a retrospective longitudinal survey.
- Demers, M. (2006). *Walk for your life!: restoring neighborhood walkways to enhance community life, improve street safety and reduce obesity*: Vital Health Pub.
- Désilets, S. (2012). *Tendances liées à la composition, la motorisation et la localisation spatiale des ménages*. Maîtrise (Recherche), École Polytechnique de Montréal, Montréal.
- Desmet, R., Gusbin, D., Hoornaert, B., Lambrecht, M., Mayeres, I., Paul, J. M., . . . Sanderson, J. P. (2006). Démographie, géographie et mobilité: perspectives à long terme et politiques pour un développement durable (MOBIDIC). *Bureau fédéral du Plan, Université catholique de Louvain (GéDAP) et Facultés universitaires Notre-Dame de la Paix (GRT), rapport final pour la politique scientifique fédérale (PADD II)*, à paraître.
- Ewing, R., & Cervero, R. (2001). Travel and the built environment: a synthesis. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1780(1), 87-114.
- Ewing, R., & Cervero, R. (2010). Travel and the built environment: A meta-analysis. *Journal of the American Planning Association*, 76(3), 265-294.
- Gadais, M., Grammont, P., & Nourisson, A. (2004). *Quelle est la mobilité quotidienne des personnes dans les agglomérations ? Approche de la question et proposition d'indicateurs*. Tiré de CERTU. <http://hdl.handle.net/2332/891>
- Gay, C., Kaufmann, V., Landriève, S., & Vincent-Géslin, S. (2011). Mobile, immobile. *Quels choix, quels droits pour, 2030*.
- Glenn, N. D. (dir.). (1977). *Cohort Analysis* (1ere éd.). London: Sage.
- Grégoire, J. (2011). *Analyse évolutive des comportements de mobilité des personnes âgées*. Maîtrise (Recherche), École Polytechnique de Montréal, Montréal.
- Guo, J. Y., & Bhat, C. R. (2007). Operationalizing the concept of neighborhood: Application to residential location choice analysis. *Journal of Transport Geography*, 15(1), 31-45.
- Héran, F. (2011). *La ville morcelée: effets de coupure en milieu urbain*: Économica.
- Hillman, M., & Adams, J. G. (1992). Children's Freedom and Safety. *Children's environments*, 9(2), 12-33.
- Jimenez, G., & Mattingly, S. (2009). Travel behavior of largest minority cohorts in Texas. *Transportation Research Record*(2135), 130-137. doi:10.3141/2135-16

- Joly, I. (2003). *La "Loi de Zahavi": quelle pertinence pour comprendre la construction et la dilatation des espaces-temps de la villes?* Tiré de ENTPE - Université Lumière Lyon 2. [http://hal.inria.fr/docs/00/08/85/34/PDF/PUCA\\_-Rapport\\_2.pdf](http://hal.inria.fr/docs/00/08/85/34/PDF/PUCA_-Rapport_2.pdf)
- Joly, M., Morency, C., & Bonnel, P. (2009). Motorisation et localisation: quels effets sur le choix du modal? *Cahiers scientifiques du transport (Les)*(55).
- Kaufmann, V. (2011). Un droit au changement et à la diversité. In Métropolitiques (dir.), *Mobile Immobile*. (pp. 2): L'atelier d'édition.
- Kessler, D., & Masson, A. (1985). Petit guide pour décomposer l'évolution d'un phénomène en termes d'effet d'âge, de cohorte et de moment. *Cycle de vie et générations*, Kessler, D., Masson, A. et Strauss-Kahn, D., Economica, Paris.
- Klinenberg, E. (2012). *Going solo: The extraordinary rise and surprising appeal of living alone*: Penguin. com.
- Krakutovski, Z. (2004). *Amélioration de l'approche démographique pour la prévision à long terme de la mobilité urbaine*. Atelier national de reproduction des Thèses.
- Kuhnimhof, T., Buehler, R., & Dargay, J. (2011). A new generation. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2230(1), 58-67.
- Lewis, P., Bussière, Y., Carlier, M., Côté, M.-O., & Fortin-Lacasse, K. (2010). *Le transport actif et le système scolaire à Montréal et à Trois-Rivières*. Tiré de Institut d'urbanisme de l'Université de Montréal et Institut national de santé publique du Québec
- Lewis, P., & Torres, J. (2010). Les parents et les déplacements entre la maison et l'école primaire: quelle place pour l'enfant dans la ville? *Enfances, Familles, Générations*(12).
- Li, D., Wang, W., & Yang, M. (2011). Influence of individual/household socio-demographics on trip chains of nuclear households. *3rd International Conference on Transportation Engineering, ICTE 2011, July 23, 2011 - July 25, 2011, Chengdu, China*.(pp. 283-289): American Society of Civil Engineers (ASCE). Tiré de [http://dx.doi.org/10.1061/41184\(419\)48](http://dx.doi.org/10.1061/41184(419)48) doi: 10.1061/41184(419)48
- Ma, L., & Srinivasan, S. (2010). Impact of Individuals' Immigrant Status on Household Auto Ownership. *Transportation Research Board*, 1(2156), 10.
- Marker Jr, J. T. (2000). Period effects and cohort effects in life cycles: preliminary analysis. *Journal of the Transportation Research Board*(1718), 6. doi:10.3141/1718-12
- Marois, C. (2013). *L'évolution du transport et de l'occupation du territoire dans la région métropolitaine de Montréal*. Le transport collectif: un élément clé de l'occupation du territoire (AQTIM), Hôtel L'Estérel Suites.
- Martel-Poliquin, É. (2012). *Mieux comprendre les déterminants du choix modal*. Maîtrise (Recherche), École Polytechnique de Montréal, Montréal.
- Mason, K. O., Mason, W. M., Winsborough, H. H., & Poole, W. K. (1973). Some methodological issues in cohort analysis of archival data. *American sociological review*, 242-258.

- McGuckin, N., Zmud, J., & Nakamoto, Y. (2005). Trip-chaining trends in the United States: understanding travel behavior for policy making. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1917(1), 199-204.
- Miller, E. J., & Roorda, M. J. (2003). Prototype model of household activity-travel scheduling. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1831(1), 114-121.
- Miller, E. J., & Salvini, P. A. (2001). The integrated land use, transportation, environment (ILUTE) microsimulation modelling system: Description & current status. *Travel Behaviour Research: The Leading Edge*, 711-724.
- Mitchell, C., Nelson, C. A., Burkhardt, J. E., & McGavock, A. T. (2002). *Improving public transit options for older persons*: Transportation Research Board.
- Morency, C. *Analyse des facteurs explicatifs de l'évolution de la mobilité urbaine – comparaison internationale, implications pour l'action et la modélisation* Présentation de la demande (doctorat). Département des génies civil, géologique et des mines École Polytechnique de Montréal. Montréal.
- Morency, C. (2011). *Chaire de recherche sur l'évaluation et la mise en oeuvre de la durabilité en transport*. Tiré de Département des génies civil, géologique et des mines, École Polytechnique de Montréal
- Morency, C., & Robert, C. (2008). Age and its relation with home location, household structure and travel behaviors: 15 years of observation.
- Morency, C., & Trépanier, M. (2013). *Enrichissement du processus de modélisation de la demande de transport à l'aide des modèles d'activités* Tiré de Polytechnique de Montréal.
- Morency, C., Trépanier, M., & Demers, M. (2011). Walking to transit: An unexpected source of physical activity. *Transport Policy*, 18(6), 800-806.
- MTQ. Enquête Origine-Destination. Consulté le 5 mars, Tiré de [http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/ministere/ministere/recherche\\_innovation/modelisation\\_systemes\\_transport/enquetes\\_origine\\_destination](http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/ministere/ministere/recherche_innovation/modelisation_systemes_transport/enquetes_origine_destination)
- MTQ. (2012a). *Documentation sommaire de la méthodologie de prévisions de la demande en transport utilisée au MTQ*. Modélisation. Ministère des Transport du Québec.
- MTQ. (2012b). *Modèles de prévision de la demande*. Consulté le 30 février 2012, Tiré de [http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/ministere/ministere/recherche\\_innovation/modelisation\\_systemes\\_transport/modele\\_prevision\\_demande](http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/ministere/ministere/recherche_innovation/modelisation_systemes_transport/modele_prevision_demande)
- Ortuzar, J. d. D., & Willumsen, L. G. (dir.). (2011). *Modelling Transport* (4th éd. Vol. 7). Chichester: Wiley.
- Pépin, F. (2012). *Mobilité quotidienne des enfants : déterminants, caractéristiques et évolution* Maîtrise (Recherche), Polytechnique de Montréal, Montréal.
- Pierre, A. (2003). Comment appréhender le problème statistique des petits nombres en démographie? *La démographie appliquée à la gestion publique et des entreprises: actes du séminaire de l'Association internationale des démographes de langue française en Calabre, Cosenza, avril 1995, et de la session spéciale du congrès de l'Association européenne pour l'étude de la population*, 155.

- Pimparé, M., & Thiffault, J. (2000). *Une enquête Origine-Destination qui fait du chemin: tout sur son itinéraire*. Tiré de MTQ.
- Pochet, P. (2003). Mobilité et accès à la voiture chez les personnes âgées: Évolutions actuelles et enjeux. *Recherche-Transports-Sécurité*, 79, 93-106.
- Pochet, P., & Corget, R. (2010). Entre "automobilité", proximité et sédentarité, quels modèles de mobilité quotidienne pour les résidents âgés des espaces périurbains? *Espace populations sociétés*. *Space populations societies*(2010/1), 69-81.
- Polzin, S. E., Chu, X., & Rey, J. R. (2000). Density and captivity in public transit success: Observations from the 1995 nationwide personal transportation study. *Transportation Research Record*(1735), 10-18.
- Polzin, S. E., Chu, X., & Toole-Holt, L. (2004). Forecasts of future vehicle miles of travel in the United States.(pp. 147-155): National Research Council.
- Pooley, C. G., Turnbull, J., & Adams, M. (2005). The journey to school in Britain since the 1940s: continuity and change. *Area*, 37(1), 43-53.
- Rashidi, T. H., & Mohammadian, A. (2011). Household travel attributes transferability analysis: application of a hierarchical rule based approach. *Transportation*, 38(4), 697-714.
- Rashidi, T. H., Mohammadian, A., & Zhang, Y. (2010). Effect of Variation in Household Sociodemographics, Lifestyles, and Built Environment on Travel Behavior. *Journal of the Transportation Research Board*, 1(2156), 8. doi:10.3141/2156-08
- Ravalet, E. (2006). Segregation and daily mobility, an international comparison. *12th International Conference on Urban Transport and the Environment in the 21st Century, URBAN TRANSPORT 2006, UT06, July 12, 2006 - July 14, 2006, Prague, Czech republic*.(Vol. 89, pp. 491-500): WITPress. Tiré de <http://dx.doi.org/10.2495/UT060481> doi: 10.2495/ut060481
- Salvini, P., & Miller, E. J. (2005). ILUTE: An operational prototype of a comprehensive microsimulation model of urban systems. *Networks and Spatial Economics*, 5(2), 217-234.
- Srinivasan, S. (2001). Quantifying spatial characteristics for travel behavior models. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1777(1), 1-15.
- Srinivasan, S., & Ferreira, J. (2002). Travel behavior at the household level: understanding linkages with residential choice. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 7(3), 225-242.
- St-Pierre, B. (2007). *Déplacements des personnes dans la grande région de Montréal: Scénario prévisionnel 2026 tendanciel* Service de la modélisation des systèmes de transport Ministère des transport du Québec. Montréal.
- St-Pierre, B., Hardy, H., Arbour, S., & Surprenant-Legault, J. (2012). *Les prévisions de la demande en transport 2008-2031 pour la région de Montréal*. Congrès annuel de l'AQTR Québec.
- STM. Métro. Tiré de <http://www.stm.info/fr/infos/reseaux/metro>

- Stover, V. W., & Bae, C.-H. C. (2011). Impact of Gasoline Prices on Transit Ridership in Washington State. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2217(1), 11-18.
- Strambi, O., Hubert, J. P., Bussiere, Y., & Van De Bilt, K. A. (2000). Automobile patterns of diffusion in four urban areas: Comparison of developed and developing countries. *Transportation Research Record*(1719), 54-60.
- Strathman, J. G., Dueker, K. J., & Davis, J. S. (1994). Effects of household structure and selected travel characteristics on trip chaining. *Transportation*, 21(1), 23-45.
- Tiomo Demanou, D. (2014) Commentaires.
- Valiquette, F. (2010). *Typologie des chaînes de déplacements et modélisation descriptive des systèmes d'activités des personnes*. Maîtrise (Recherche), École Polytechnique de Montréal, Montréal.
- Yang, Y., Fu, W. J., & Land, K. C. (2004). A Methodological Comparison of Age-Period-Cohort Models: The Intrinsic Estimator and Conventional Generalized Linear Models. *Sociological Methodology*, 34(1), 75-110. doi:10.1111/j.0081-1750.2004.00148.x
- Yang, Y., & Land, K. C. (2006). A mixed models approach to the Age-Period-Cohort analysis of repeated cross-section surveys, with an application to data on trends in verbal test scores. *Sociological Methodology*, 36(1), 75-97. doi:10.1111/j.1467-9531.2006.00175

## **ANNEXE II - Nombre moyen de chaînes de déplacements**

### **Analyse descriptive du nombre moyen de chaînes de déplacements**

Le nombre de chaînes de déplacements effectuées quotidiennement est moins sensible à la déclaration de petits déplacements et est donc pertinent pour représenter l'importance de la mobilité. Il faut toutefois s'attendre à ce que les courbes caractérisant la mobilité selon le nombre de déplacements et celles selon le nombre de chaînes suivent une allure semblable.

Le genre influence légèrement le nombre de chaînes de déplacements. La variable crée des différences dans les effets d'âge, de période et de cohorte.

Le groupe d'âge a un effet similaire sur le nombre de chaînes qu'il a sur le nombre de déplacements. En général, le vieillissement amène une décroissance du nombre de chaînes. Cette décroissance semble plus progressive chez les hommes. On remarque sur la Figure 7-1. un creux dans les courbes-cohortes dans les âges d'entrée dans la vie active, où la mobilité perd momentanément en intensité.



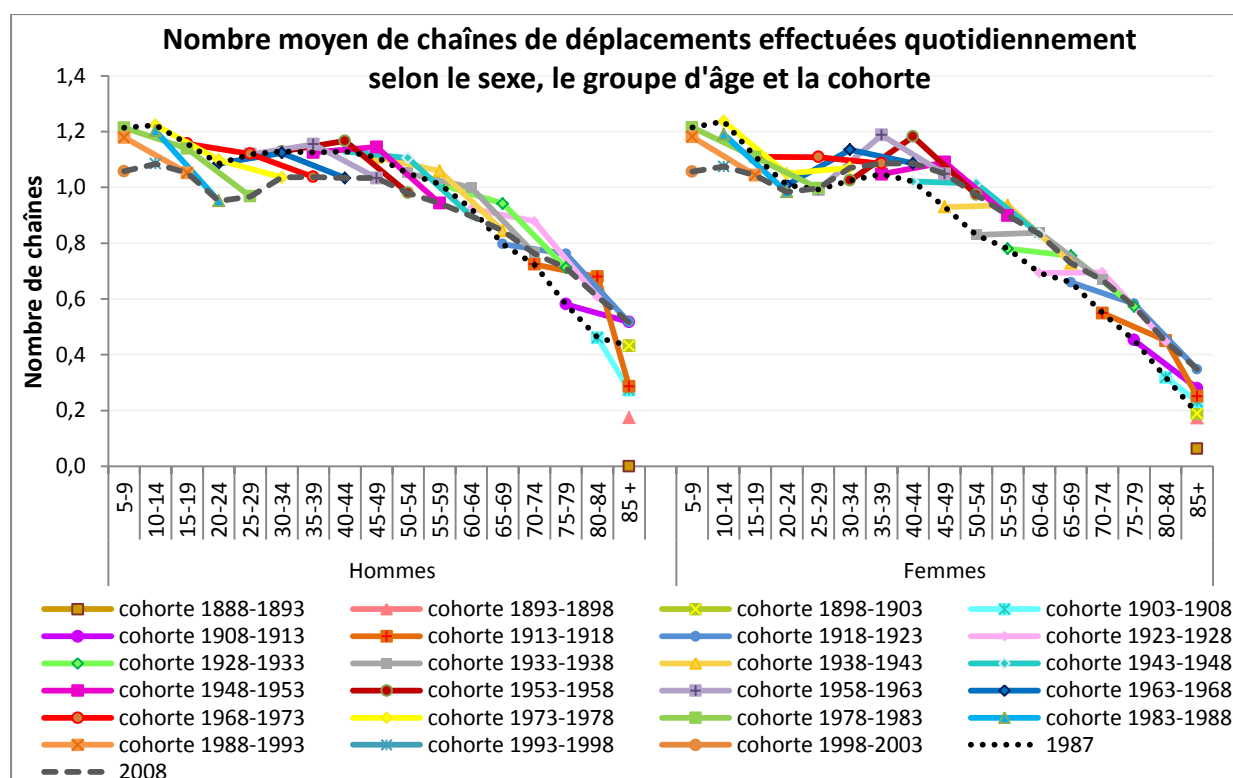


Figure 7-1. Nombre moyen de chaînes de déplacements effectuées quotidiennement selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte

Ce creux se situe de 20 à 34 ans chez les hommes et est plus long chez les femmes, soit de 15 à 39 ans. Les effets de période diffèrent également selon le genre. Les hommes avaient une mobilité plus importante pendant leur vie active en 1987, mais effectuent quotidiennement davantage de chaînes lorsqu'ils atteignent l'âge de la retraite en 2008 qu'en 1987. Chez les femmes, on remarque que le nombre de chaînes de déplacements est plus élevé en 2008 qu'en 1987 pour tous les groupes d'âge à partir de 20 ans. Toutefois, un effet de période est remarqué chez les deux genres et rappelle certaines observations relatives au nombre moyen de déplacements quotidiens. Il s'agit de l'importance du nombre de chaînes de déplacements en 1987 avant l'âge de 15 ans en comparaison du nombre de chaînes pour les moins de 15 ans en 2008.

Il ne semble pas y avoir d'effets de cohorte significatifs.

La motorisation affecte le nombre moyen de chaînes de déplacements et n'a pas les mêmes effets sur les hommes et les femmes. Les hommes *sans-autos* réalisent beaucoup moins de chaînes de

déplacements que la moyenne. On remarque également, grâce à la Figure 7-2, que les effets de période sont différents dans cette sous-population, le nombre de chaînes étant plus important en 2008 qu'en 1987 dès l'âge de 30 ans (contre 65 ans dans la population de référence). Les niveaux de motorisation partagée et *auto-suffisante* semblent avoir peu d'effets aux âges actifs chez les hommes. Après l'âge de 65 ans, cependant, l'*auto-suffisance* se traduit par un nombre de chaînes de déplacements plus élevé.

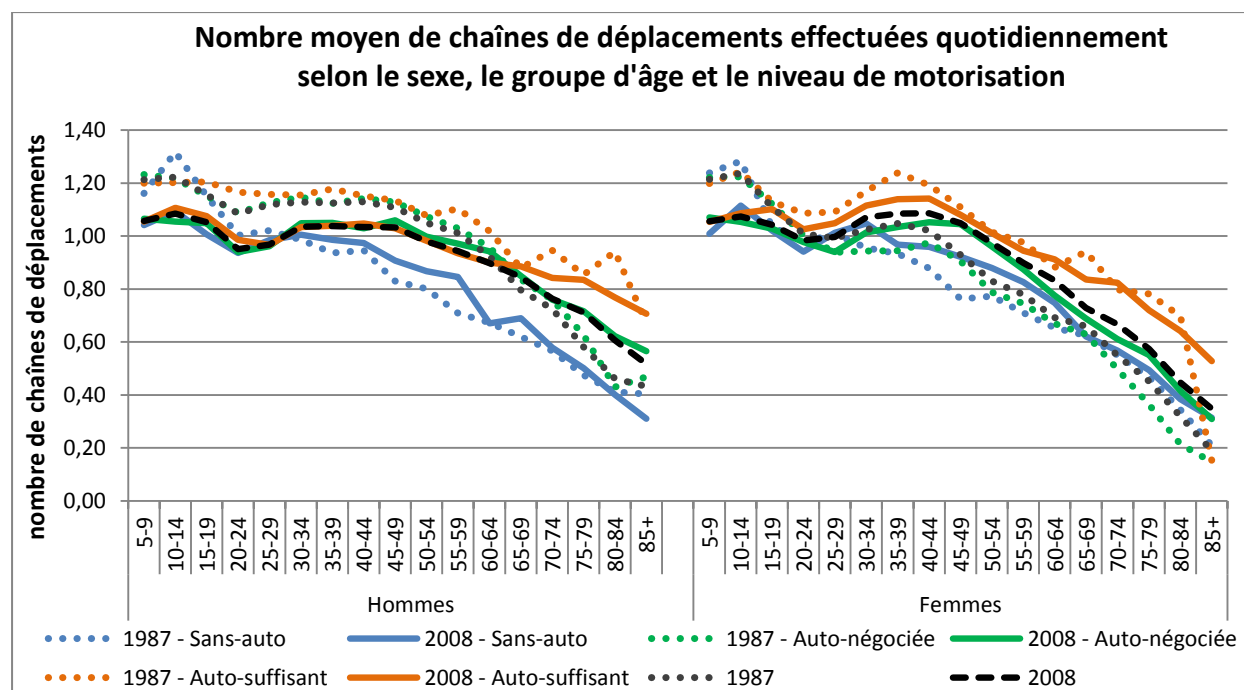


Figure 7-2. Nombre moyen de chaînes de déplacement effectuées quotidiennement selon le sexe, le groupe d'âge et le niveau de motorisation

Comme chez les hommes, les femmes *sans-autos* sont celles qui réalisent le moins de chaînes de déplacements quotidiennement. Les différences avec les autres niveaux de motorisation sont toutefois plus modestes. Celles qui partagent leur véhicule réalisent légèrement moins de chaînes, alors que l'*auto-suffisance* est synonyme d'un plus grand nombre de chaînes. L'écart entre le nombre de chaînes de déplacements réalisées par les femmes *auto-suffisantes* et le nombre fait en moyenne ou par les autres sous-populations par niveau de motorisation s'intensifie au-delà de 55 ans. Les effets de période sont différents dans la sous-population des femmes *auto-suffisantes*; elles effectuaient généralement davantage de chaînes de déplacements en 1987 qu'elles l'ont fait en 2008. On ne note aucun effet de cohorte important.

Tel qu'on le voit sur la Figure 7-3, la taille du ménage influence le nombre de chaînes de déplacements réalisées quotidiennement, particulièrement chez les femmes. En effet, on remarque que cette variable a peu d'effets chez les hommes à quelques exceptions près. Les hommes habitant seuls avant 30 ans auraient tendance à effectuer plus de chaînes, alors que ceux qui appartiennent à des ménages nombreux (trois personnes et plus) en feraient moins que la moyenne après l'âge de 65 ans.

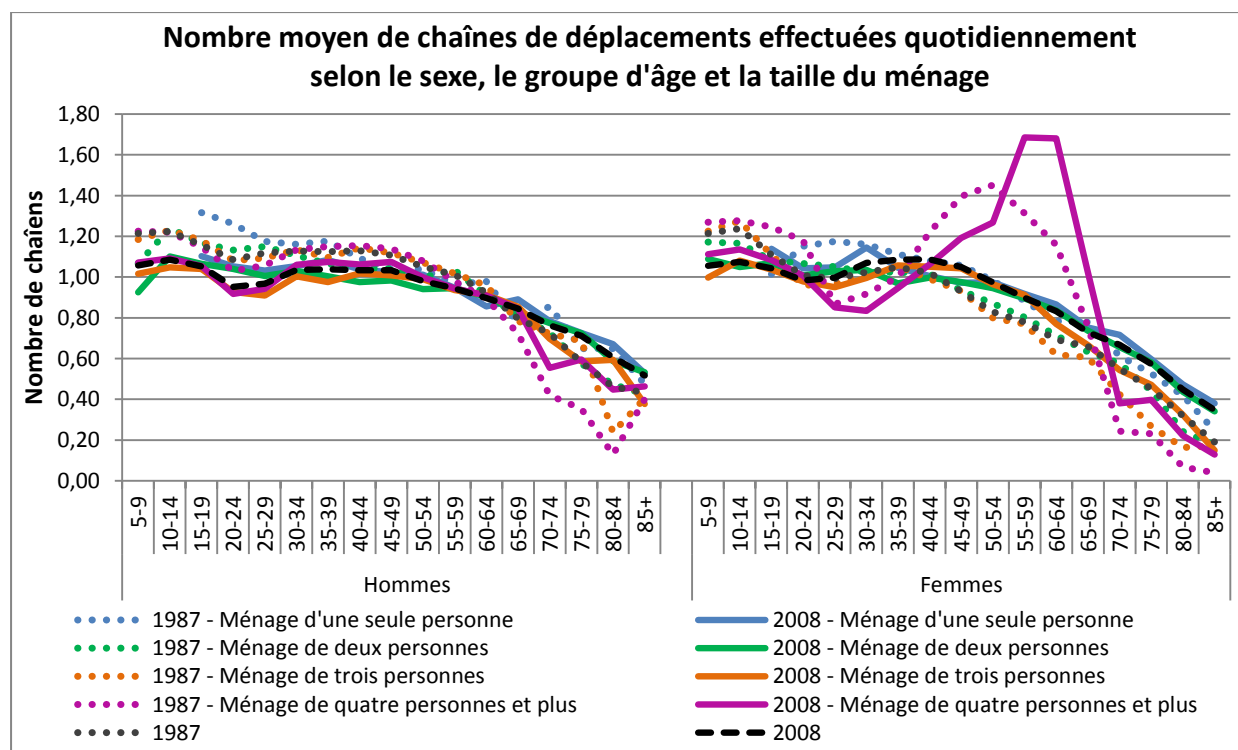


Figure 7-3. Nombre moyen de chaînes de déplacements effectuées quotidiennement selon le sexe, le groupe d'âge et la taille du ménage

Pour les hommes, le fait d'habiter seul en 2008 a peu d'effet sur le nombre de chaînes de déplacements réalisées, mais en 1987, l'appartenance à ce type de ménage amenait une mobilité plus forte que la moyenne. Les effets de période sont donc différents dans cette sous-population. Comme pour les hommes, les femmes appartenant à un ménage de trois personnes ou plus démontrent un nombre de chaînes de déplacements inférieur au-delà de 65 ans. Les ménages de grande taille (quatre et plus) affectent les femmes qui les composent de façon variée selon leur âge (Figure 7-4). Le creux dans la mobilité situé au début de la vie active est davantage prononcé, mais à

partir de l'âge de 35 ans, la mobilité est beaucoup plus importante que la moyenne jusqu'à 65 ans.

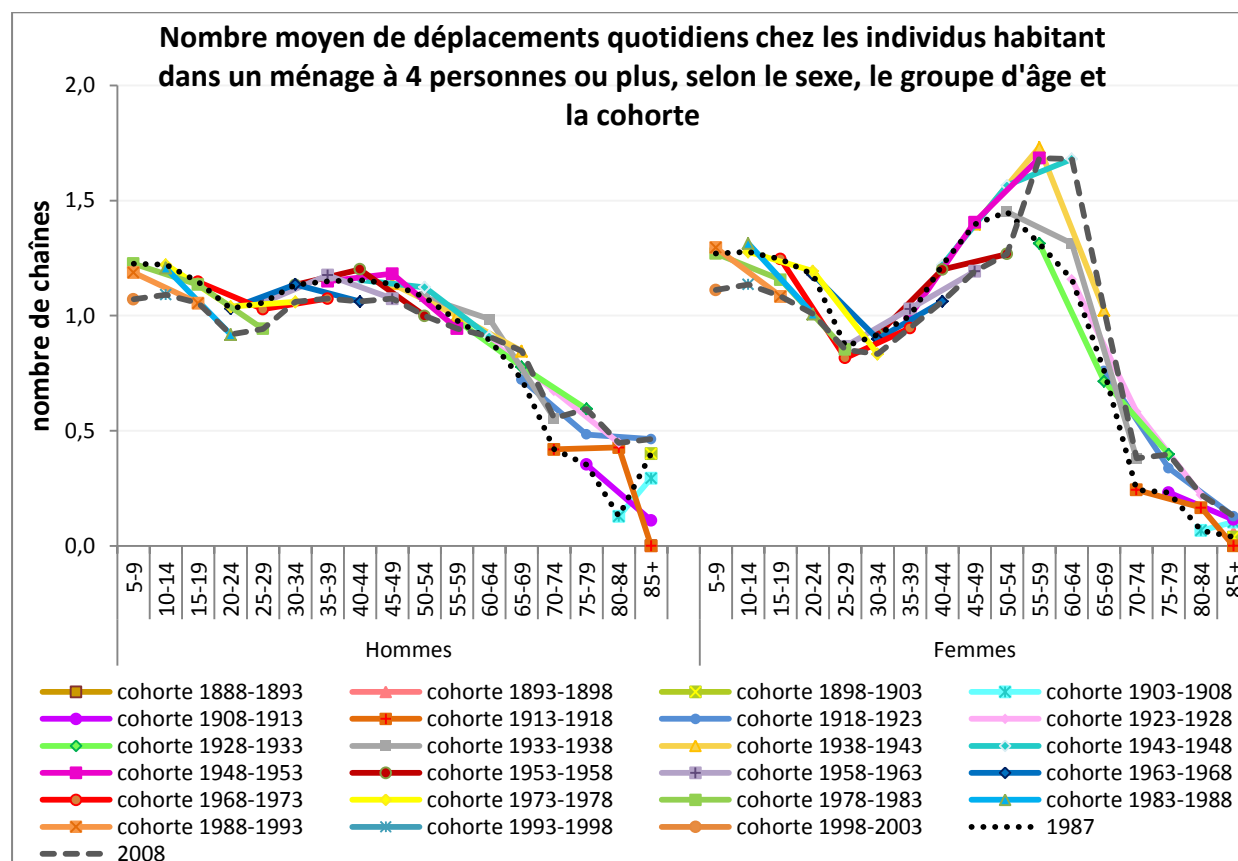


Figure 7-4. Nombre moyen de chaînes de déplacements effectuées chez les individus habitant dans un ménage de 4 personnes ou plus selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte

L'importance du nombre de chaînes de déplacements effectuées chez les femmes appartenant à un ménage de quatre personnes et plus entre 35 ans et 65 ans pourrait être influencée par des effets de cohorte, particulièrement le comportement des cohortes de 1938-1943, 1943-1948 et 1948-1953.

Parallèlement à la taille du ménage, la présence d'enfants dans le ménage et leur âge influence potentiellement le nombre de chaînes de déplacements réalisées. Ces relations sont présentées dans la Figure 7-5. En général, les hommes ne sont pas influencés par la présence d'enfants avant l'âge de 20 ans. En 1987, la présence d'enfants âgés de plus de 5 ans correspondait à davantage de chaînes chez les hommes de plus de 35 ans, alors que la présence des plus jeunes pourrait inciter une réduction du nombre de chaînes après 45 ans. En 2008, la présence d'enfants

encourage généralement un plus grand nombre de chaînes au-delà de 25 ans. Les effets de période sont donc assez différents dans les sous-populations selon la présence d'enfants par groupe d'âge lorsqu'on les compare aux effets observés dans la population de référence puisqu'ils sont ou bien annulés ou bien amenuisés.

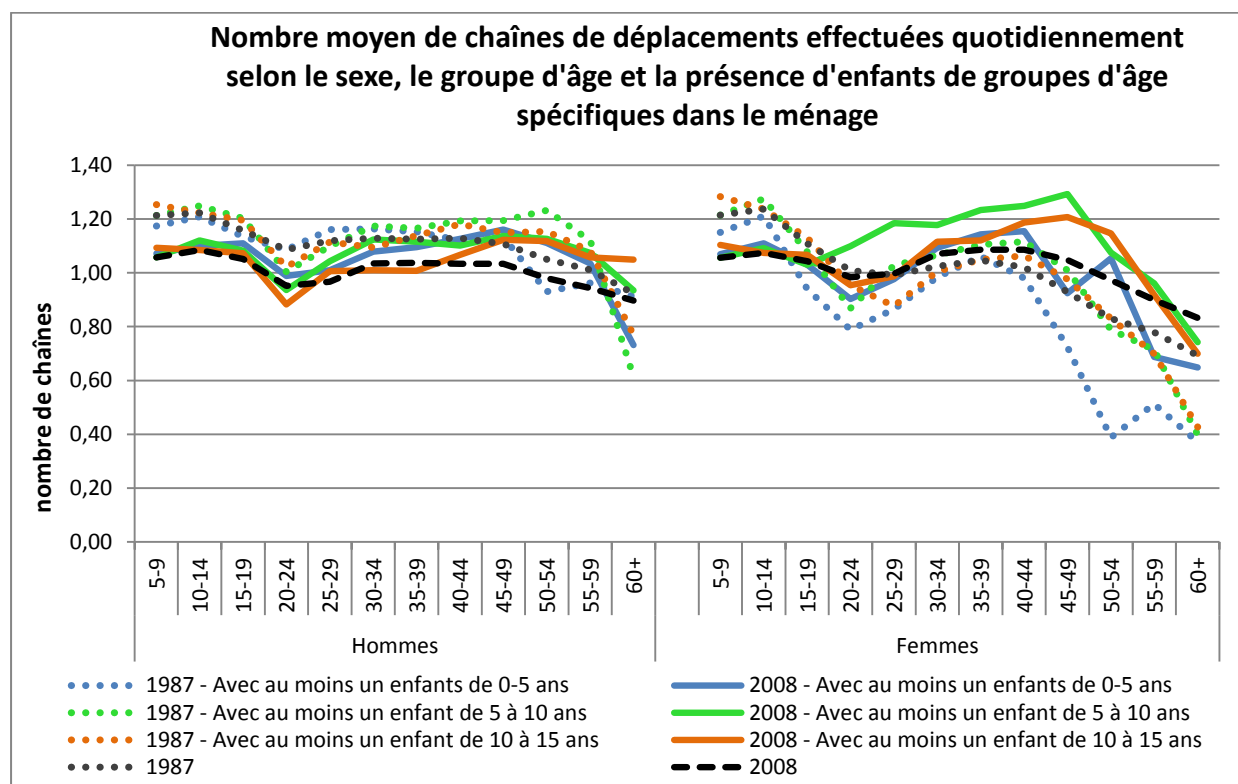


Figure 7-5. Nombre moyen de chaînes de déplacements effectuées quotidiennement selon le sexe, le groupe d'âge et la présence d'enfants de groupes d'âge spécifiques dans le ménage

De manière générale, les femmes ne sont pas influencées par la présence d'enfants dans leur ménage avant l'âge de 15-19 ans. Une exception doit être relevée, puisqu'en 1987, la présence d'enfants de moins de 5 ans portait à réduire le nombre de chaînes de déplacements et cette influence est remarquée à chaque âge. En 1987, la présence d'enfants âgés de 5 à 15 ans affecte peu la mobilité des femmes, les courbes-périodes les caractérisant suivant de près les courbes moyennes. La situation est différente en 2008: la présence d'enfants âgés de 5 à 10 ans s'accompagne dès 15-19 ans d'une forte hausse dans le nombre de chaînes de déplacements à l'égard de la moyenne. Les enfants faisant partie des autres groupes d'âge viennent modifier le comportement des femmes plus tard, soit dans la trentaine, les plus âgés des enfants incitant à

réaliser plus de chaînes et les plus jeunes à en réaliser d'abord davantage (jusqu'à 40-44 ans) puis moins que ce qui est observé dans la population de référence.

Que l'on classe les enfants par groupes d'âge ou par niveau scolaire, les courbes-périodes restent similaires et ne méritent pas que l'on y consacre davantage d'attention.

Selon la Figure 7-6, la localisation résidentielle affecte très peu le nombre moyen de chaînes de déplacements effectuées quotidiennement chez les hommes comme chez les femmes. Les effets APC semblent se maintenir peu importe la région de résidence. Les femmes de la rive-nord auraient eu tendance à réaliser moins de chaînes de déplacements en 1987 que les femmes composant la population de référence.

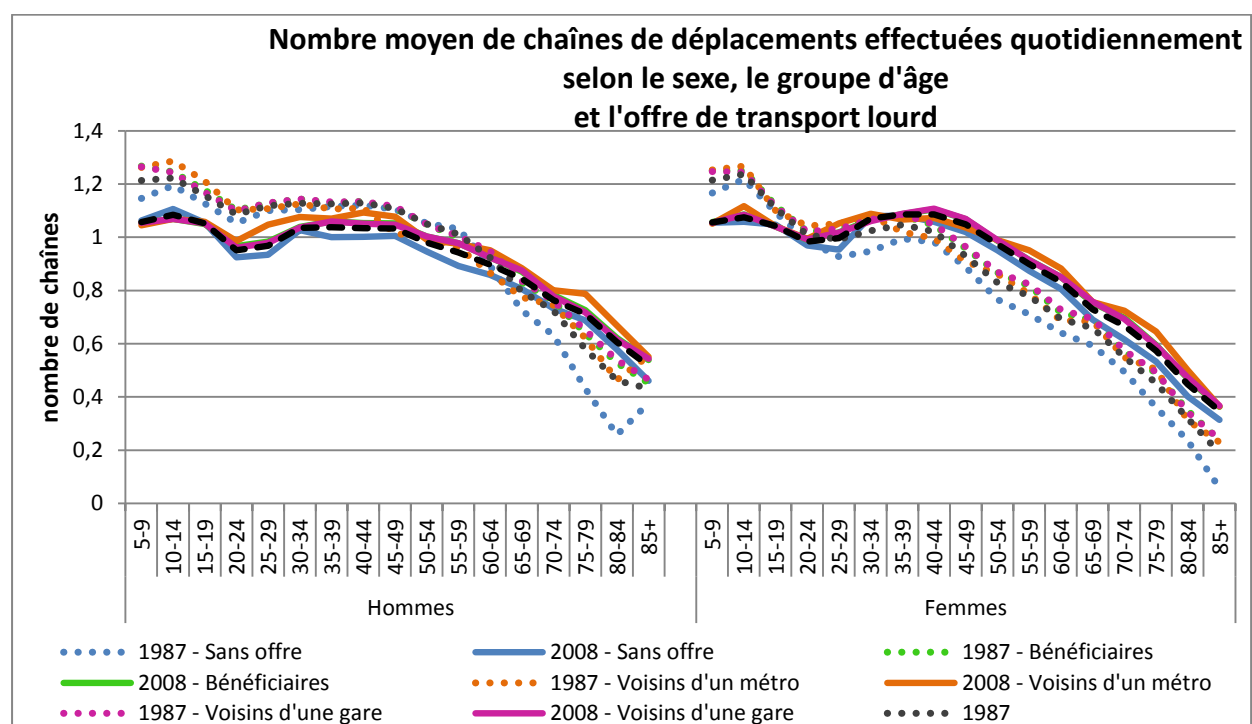


Figure 7-6. Nombre moyen de chaînes de déplacements effectuées quotidiennement selon le sexe, le groupe d'âge et l'offre de transport lourd

L'offre de transport lourd à proximité, quoiqu'ayant peu d'effets sur le nombre de chaînes de déplacements réalisées, présente un élément intéressant en raison de sa constance. Ceux qui n'ont accès à aucune offre de transport lourd ont tendance à effectuer moins de chaînes que la moyenne, de façon plus marquée chez les femmes en 1987.

## Modélisation du nombre moyen de chaînes de déplacements

La revue de littérature présente quelques éléments pertinents pour se familiariser avec le contexte des résultats de modélisation du nombre moyen de chaînes de déplacements. Tout comme pour le nombre de déplacements quotidiens, la tendance des personnes âgées à se déplacer davantage que les personnes âgées des décennies précédentes le faisaient à l'effet anticipé d'augmenter le nombre moyen de chaînes. La mobilité plus importante des femmes d'aujourd'hui est également susceptible d'affecter le nombre moyen de chaînes à la hausse.

On retient de l'analyse descriptive l'identification des variables explicatives ayant le plus d'influence sur le nombre moyen de chaînes de déplacements. Les individus *sans-autos* effectuent généralement moins de chaînes quotidiennement que la moyenne, alors que ceux qui sont *auto-suffisants* en réalisent davantage. Les effets de la taille du ménage et de la présence d'enfants dans le ménage sont différents selon le genre, la période et le groupe d'âge. La localisation résidentielle et l'offre de transport lourd à proximité semblent avoir peu d'impact sur le nombre moyen de chaînes.

### Définition du modèle

Plusieurs variables explicatives composent le modèle et apportent à sa précision. La performance du modèle est présentée à la Figure 7-8.

Intrinsic estimator of APC effects		No. of obs	= 9.79e+08
Optimization : MQL Fisher scoring		Residual df	= 9.79e+08
(IRLS EIM)		Scale parameter =	1
Deviance	= 465235952.3	(1/df) Deviance =	.4750194
Pearson	= 465235952.3	(1/df) Pearson =	.4750194
Variance function: $V(u) = 1$		[Gaussian]	
Link function : $g(u) = \ln(u)$		[Log]	
AIC		= .	
Deviance	= .	BIC	= -1.98e+10

Figure 7-7. Extrait des résultats concernant la performance du modèle du nombre moyen de chaînes de déplacements quotidiennes

Le Tableau 7-1 fournit les résultats estimé par le modèle.

Tableau 7-1. Extrait des spécifications fournies par le modèle du nombre moyen de chaînes de déplacements

Classes de variables	Nombre d'observation réelle: 432 980			
	variables	coefficient	z	P> z
	Constante	-0,3331	-520,2900	0,0000
sexe	femme	-0,0392	-911,1600	0,0000
motorisation	Sans auto	-0,1347	-1667,4200	0,0000
	Autosuffisant	0,0604	1164,6100	0,0000
taille du ménage	1 personne/logis	0,0953	941,4800	0,0000
	2 personnes/logis	0,0415	568,7300	0,0000
	3 personnes/logis	0,0147	223,9500	0,0000
nombre d'enfants par groupe d'âge	enfants préscolaires	0,0132	258,3900	0,0000
	enfants âgés de 5 à 10 ans	0,0634	1377,6300	0,0000
	enfants âgés de 10 à 15 ans	0,0446	1049,0500	0,0000
région de résidence	Lavallois	-0,0233	-297,6700	0,0000
	Sud-Riverain	-0,0009	-15,5200	0,0000
	distance du centre-ville (Km)	-0,0024	-877,5700	0,0000
classe de densité	densité 1000 - 3000 pers/km <sup>2</sup> (2)	0,0500	742,5000	0,0000
	densité 3000 - 4500 pers/km <sup>2</sup> (3)	0,0385	476,3200	0,0000
	densité 4500 - 6000 pers/km <sup>2</sup> (4)	0,0266	261,7800	0,0000
	densité 6000 - 7500 pers/km <sup>2</sup> (5)	0,0299	266,1800	0,0000
	densité 7500 - 9000 pers/km <sup>2</sup> (6)	0,0238	192,0800	0,0000
	densité 9000 - 10500 pers/km <sup>2</sup> (7)	0,0265	201,6500	0,0000
	densité 10500 - 12000 pers/km <sup>2</sup> (8)	0,0262	181,8400	0,0000
	densité 12000 - 14000 pers/km <sup>2</sup> (9)	0,0422	297,3600	0,0000
	densité >14000 pers/km <sup>2</sup> (10)	0,0205	170,4600	0,0000



Tableau 7-1. Extrait des spécifications fournies par le modèle du nombre moyen de chaînes de déplacements (suite)

Classes de variables	Nombre d'observation réelle: 432 980			
	variables	coefficient	z	P> z
offre de transport	metro 500m	0,0106	133,8000	0,0000
	gare 1km	0,0002	2,9800	0,0030
	gare 5 Km	0,0138	275,5300	0,0000
Âge	groupe d'âge de 0-9 ans	0,3208	326,9400	0,0000
	groupe d'âge de 10-19 ans	0,3211	423,0800	0,0000
	groupe d'âge de 20-29 ans	0,2292	421,6600	0,0000
	groupe d'âge de 30-39 ans	0,2185	636,9300	0,0000
	groupe d'âge de 40-49 ans	0,2228	1088,8800	0,0000
	groupe d'âge de 50-59 ans	0,1369	525,9300	0,0000
	groupe d'âge de 60-69 ans	0,0080	18,0600	0,0000
	groupe d'âge de 70-79 ans	-0,1366	-210,4500	0,0000
	groupe d'âge de 80-89 ans	-0,4194	-475,5300	0,0000
	groupe d'âge de 90-99 ans	-0,9013	-539,2000	0,0000
Période	Période 1988	-0,0135	-59,2600	0,0000
	Période 1998	0,0438	1451,0100	0,0000
	Période 2008	-0,0303	-133,5100	0,0000
Cohorte	cohorte 1898	-0,6235	-106,7600	0,0000
	cohorte 1908	-0,2446	-135,7000	0,0000
	cohorte 1918	-0,0300	-20,6900	0,0000
	cohorte 1928	0,0828	67,9200	0,0000
	cohorte 1938	0,1165	117,0500	0,0000
	cohorte 1948	0,1467	190,3500	0,0000
	cohorte 1958	0,1550	283,7000	0,0000
	cohorte 1968	0,1487	459,8900	0,0000
	cohorte 1978	0,1416	1270,9500	0,0000
	cohorte 1988	0,0880	583,0100	0,0000
	cohorte 1998	0,0399	107,9800	0,0000
	cohorte 2008	-0,0210	-34,4800	0,0000

Le coefficient lié au genre est négatif, ce qui implique, comme pour le taux de mobilité quotidien, que les femmes ont une mobilité inférieure à celle des hommes. Les variables caractérisant la motorisation intègrent le modèle, les individus *sans-autos* ont un coefficient négatif et complètent ainsi moins de chaînes de déplacements que les deux autres niveaux de motorisation. La variable d'*auto-suffisance* a quant à elle un effet positif sur la variable dépendante. Les coefficients associés aux tailles de ménage, malgré leurs effets positifs, diminuent lorsque la taille augmente : les personnes appartenant aux ménages plus nombreux effectueraient moins de chaînes de

déplacements. Le nombre d'enfants est également une variable qui affecte de façon positive le nombre de chaînes.

Deux variables caractérisant l'appartenance à de grandes régions de résidence participent à la modélisation du nombre de chaînes, soit la variable Lavallois et Sud-riverain. Ces deux variables ont des effets négatifs, quoique très faibles. La structure du modèle alloue toutefois la faiblesse de ces effets à améliorer considérablement la performance générale du modèle. Les autres variables de voisinage, soit la distance au centre-ville, qui a un effet négatif et les classes de densité sont d'autres variables explicatives du nombre moyen de chaîne de déplacements. Toutes les classes de densité ont un effet positif, très peu différents les uns des autres. Ces classes de densité auraient donc pu être agrégées, mais l'utilisation de la même base de données pour la modélisation de plusieurs variables dépendantes incite à ne pas pratiquer d'agrégation. Enfin, l'exposition à l'offre de métro dans un rayon de 500m favorise un plus grand nombre de chaînes, tout comme l'accès à une gare de train dans un rayon de 5km. La présence d'une gare dans un rayon d'un kilomètre, même si elle est intégrée au modèle, semble avoir des effets quasi nuls.

Comme il est possible de remarquer grâce au tableau ci-dessus, les effets d'âge sont ceux qui semblent les plus importants lorsqu'on les compare aux autres variables explicatives retenues. L'analyse les concernant est approfondie au prochain point.

### **Identification des effets**

Comme il a été mentionné précédemment, les effets d'âge sont ceux qui se démarquent le plus en termes d'importance pour la formulation du modèle du nombre moyen de chaînes de déplacements quotidiennes. Deux plateaux peuvent être visualisés lorsqu'on observe la courbe formée des coefficients associés aux groupes d'âge grâce à la Figure 7-8. D'abord, de très forts effets positifs sont maintenus pour les groupes d'âge compris entre 0 et 19 ans. Le deuxième plateau se situe entre 20 ans et de 49 ans. Le nombre de chaînes de déplacements ne varie donc pas en principe entre 0 et 19 ans, puis reste également stable de 20 à 49 ans après avoir subi une légère diminution. Au-delà de 50 ans, le vieillissement s'accompagne d'une diminution importante du nombre de chaînes, comme le démontre les coefficients fortement négatifs associés aux groupes d'âge plus vieux.

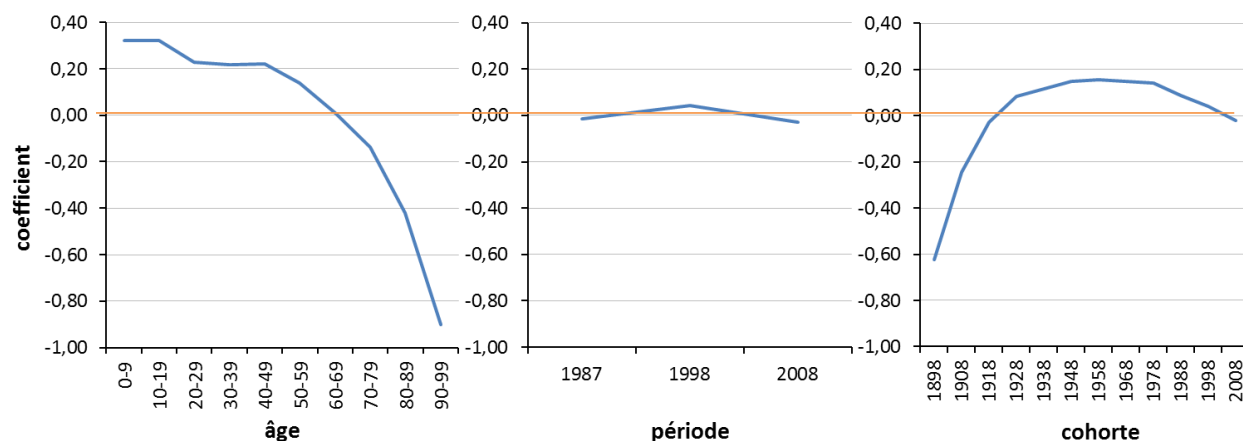


Figure 7-8. Coefficients APC estimés pour le nombre moyen de chaînes de déplacements quotidiennes

Les effets de cohorte, qui se différencient de façon marquée d'une cohorte à l'autre, impliquent que les cohortes les plus anciennes sont liées à des coefficients négatifs. Puisque ces cohortes sont composées d'individus âgés au moment des enquêtes, ces résultats ne surprennent pas. Comme pour le taux de mobilité quotidien, on observe que les deux cohortes les plus récentes ont peu d'effets. Ces cohortes sont pourtant soutenues par des individus de groupes d'âge qui sont associés à de forts effets d'âge. Les cohortes plus récentes démontrent potentiellement un changement d'habitudes, se déplaçant moins que les cohortes précédentes.

Les constats se rapportant aux effets de périodes sont les mêmes que ceux posés lors du modèle du taux de mobilité. Certainement, le point d'inflexion est toujours présent pour l'année d'enquête 1998.

## Ajustement et répartition des erreurs

La performance du modèle du nombre moyen de chaînes de déplacements est similaire à celle atteinte pour le modèle de taux de mobilité. On retrouve encore une fois des écarts relatifs très importants entre les données observées et les données simulées. Sur la Figure 7-9, on remarque que les écarts s'étendent entre -28,95% à 8,63% chez les hommes, alors que l'étendue est de -4,19% à 22,02% chez les femmes. Comme pour le modèle précédent, les écarts sont plus imposants passé les 50 ans pour les hommes, et à l'âge de 70 ans particulièrement pour les femmes. En effet, si l'on considère les hommes de moins de 50 ans, les écarts sont beaucoup plus faibles, soit de -3,09% à 4,73%. Le modèle sous-estime ainsi la mobilité des hommes âgés.

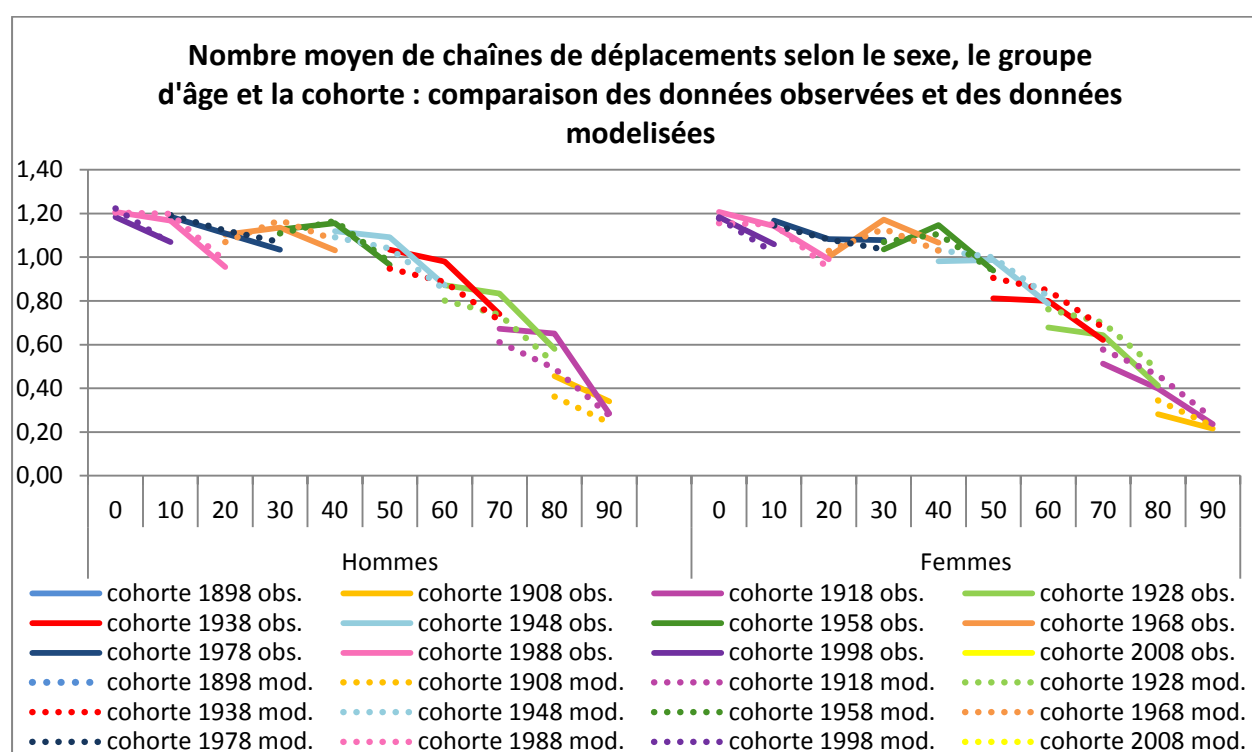


Figure 7-9. Nombre moyen de chaînes de déplacements selon le sexe, le groupe d'âge et la cohorte : comparaison des données observées et des données modélisées

Les femmes voient leurs écarts croître davantage selon la période que selon l'âge, tel que démontré dans la Figure 7-10. Le minimum et le maximum caractérisant l'étendu des écarts relatifs sont d'ailleurs tous deux liés à l'année 1987. Les écarts sont plus modestes pour les autres années, où le modèle surestime jusqu'à 15,64% de chaînes en 1998 et 17,51% de chaînes en 2008.

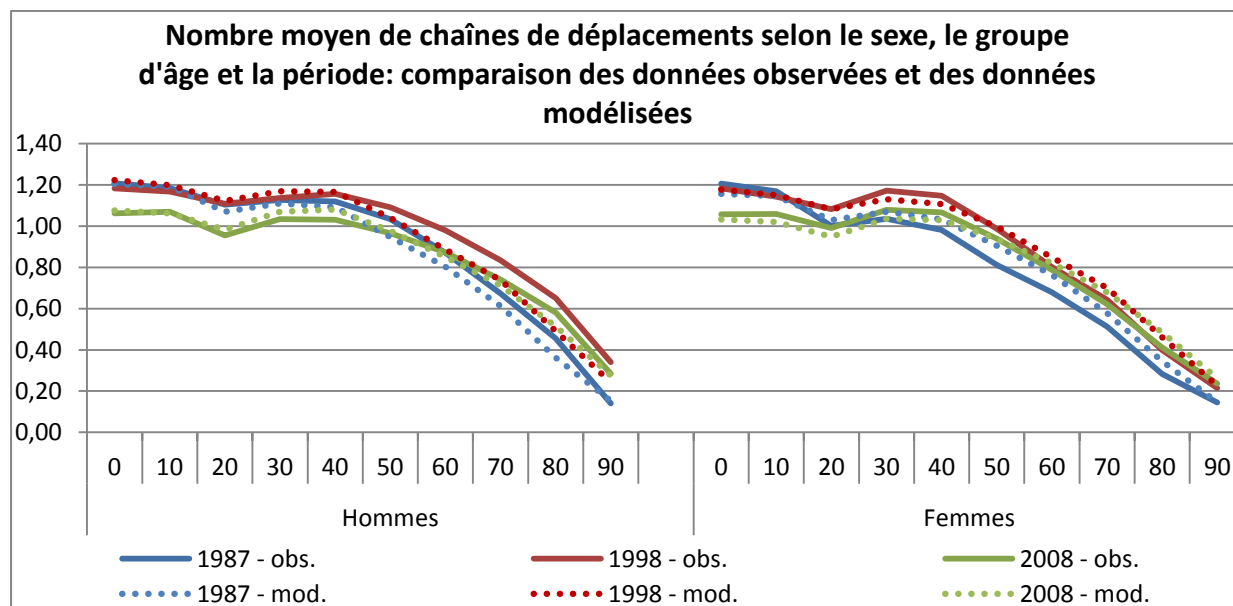


Figure 7-10. Nombre moyen de chaînes de déplacements selon le sexe, le groupe d'âge et la période: comparaison des données observées et des données modélisées

La courbe présentée à la Figure 7-11, qui caractérise la distribution des écarts relatifs possède trois sommets et ne correspond pas à une courbe normale. Le sommet principal se trouve à peu près centré, mais l'existence des deux autres sommets renseigne sur la trop grande fréquence à laquelle le modèle surestime ou sous-estime le nombre de chaînes de déplacements.

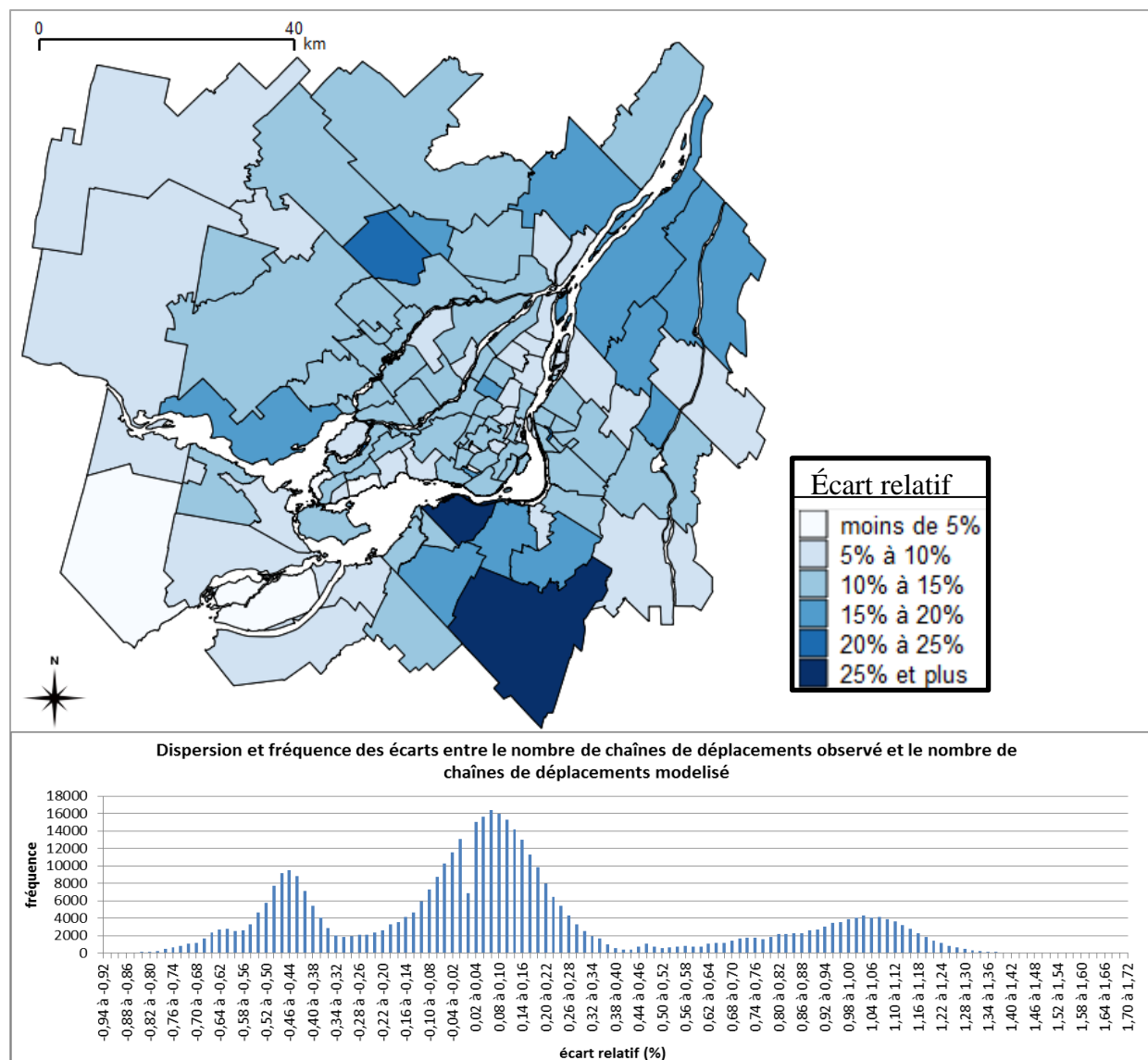


Figure 7-11. Analyse des écarts relatifs, pour la simulation du nombre moyen de chaînes de déplacements quotidiennes.

## ANNEXE II - Autorisation de reproduction

>Le 2014-07-22 à 19 :39, Éric Martel-Poliquin <eric.martel.poliquin@gmail.com> a écrit :

Oui, pas de problème.

Éric Martel-Poliquin, ing., M.Sc.A., B.A.

-----  
cellulaire: 438-274-XXXX

>Le 2014-07-22 à 13:08, Catherine Plouffe <catherine-2.plouffe@polymtl.ca> a écrit :

Bonjour Éric

Je t'écris dans le but de te demander ton autorisation pour utiliser une de tes figures de ton mémoire de maîtrise.

Il s'agit de ta figure 41, p 73, Relation entre la densité de population et la répartition modale.

Je voudrais, en partie grâce à ta figure, justifier la délimitation des classes de densité que j'ai décidé d'utiliser dans mon mémoire.

merci beaucoup à l'avance!

Catherine Plouffe